

# SUUNNITELUOHJE BETONIPORTAIDEN CE-MERKINTÄÄ VARTEN

Teppo Mantsinen

Opinnäytetyö  
Toukokuu 2012

Rakennustekniikan koulutusohjelma  
Tekniikan ja liikenteen ala



JYVÄSKYLÄN AMMATTIKORKEAKOULU  
JAMK UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES



Tekijä(t) MANTSINEN, Teppo	Julkaisun laji Opinnäytetyö	Päivämäärä 18.05.2012
	Sivumäärä 80	Julkaisun kieli Suomi
	Luottamuksellisuus ( ) saakka	Verkojulkaisulupa myönnetty ( X )
Työn nimi SUUNNITTELUOHJE BETONIPORTAIDEN CE-MERKINTÄÄ VARTEN		
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) KONTTINEN, Jukka		
Toimeksiantaja(t) HB-BETONITEOLLISUUS Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyössä tutkittiin HB-Betoniteollisuus Oy:n betonirakenteiden tyyppielementtiportaiden suunnittelua Eurokoodeilla CE-merkintää varten. Opinnäytetyössä tarkasteltiin betonielementtiportaisiin liittyviä standardeja ja määräyksiä. Opinnäytetyön toimeksiantajana oli HB-Betoniteollisuus Oy.</p> <p>Opinnäytetyössä keskityttiin Eurokoodien, sekä porras- ja betonielementtistandardien, suunnittelulle asettamiin vaatimuksiin. Käytännön esimerkeissä keskityttiin laattaportaisiin. Laattaportaista tehtiin esimerkkilaskelmat käsi- ja tietokonelaskentana sekä esitettiin valmistuspiirustuksen yleistekstien päivitys ja taulukko EC2 mukaisista vaatimuksista betonirakenteille laattaportaiden osalta.</p> <p>Opinnäytetyön lähdeaineistona käytettiin porras- ja betonielementtistandardeja sekä eurokoodeja.</p> <p>Opinnäytetyötä tehtäessä havaittiin että CE-merkintään vaadittavia ominaisuuksia koskeva standardi ei ollut valmis.</p> <p>Eurokoodimitoituksen ohjeistuksen havaittiin olevan puutteellinen porraselementtien mitoitukseen.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Eurokoodi, betonielementti, CE-merkintä, portaat, betoni		
Muut tiedot		



Author(s) MANTSINEN, Teppo	Type of publication Bachelor's Thesis	Date 18.05.2012
	Pages 80	Language Finnish
	Confidential ( ) Until	Permission for web publication ( X )
Title DESIGN MANUAL FOR CE MARKING OF CONCRETE STAIRS		
Degree Programme Civil Engineering		
Tutor(s) KONTTINEN, Jukka		
Assigned by HB-BETONITEOLLISUUS Oy		
<p>Abstract</p> <p>This study investigates the design of HB-Betoniteollisuus Oy concrete element stairs with Eurocodes for CE marking. This study examined the standards and regulations related to concrete stairs. The study was assigned by HB-Betoniteollisuus Oy.</p> <p>This study focuses on the standard requirements set for design of stairs and precast concrete elements by the Eurocodes with practical examples on slab stairs. Example calculations of slab stairs were made manually and with computer calculation. This study presents an update to the manufacturing of drawing texts and the chart regarding the Eurocode requirements for concrete slab stairs.</p> <p>The information sources used in this study were stair standards, concrete element standards and Eurocodes.</p> <p>During the thesis project it was found out that the standard regarding the properties of the CE marking was not ready.</p> <p>The guidance of Eurocode based design for concrete element stairs was found to be defective.</p>		
Keywords Eurocode, concrete element, CE marking, stairs, concrete		
Miscellaneous		

## SISÄLTÖ

LYHENTEET .....	7
1 OPINNÄYTETYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET .....	9
2 HB-BETONITEOLLISUUS Oy .....	10
3 RAMBOLL FINLAND Oy .....	10
4 TIETOPERUSTA .....	10
4.1 CE-merkintä .....	10
4.2 Eurokoodit .....	11
4.3 Rakennusalan yhdistysten julkaisut .....	12
5 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN .....	12
6 PORRASTYYPIT .....	13
7 KUORMAT .....	14
7.1 Yleistä .....	14
7.2 Murtorajatila .....	16
7.3 Palokuorma .....	16
7.4 Onnettomuuskuorma .....	18
7.4 Tilapäiset mitoitusilanteet .....	19
7.5 Käyttörajatila .....	19
7.6 Kuormien arvot .....	20
7.7 Portaiden staattinen malli ja kuormien laskenta .....	21
8 MATERIAALIEN OMINAISUUDET .....	24
8.1 Betoni .....	24
8.1.1 Puristuslujuuden mitoitusarvo .....	25
8.1.2 Vetolujuuden mitoitusarvo .....	26
8.2 Teräs .....	28

9 BETONIPEITE .....	29
10 RAUDOITUKSEN ANKKUROIINTI.....	30
10.1 Raudoituksen ankkurointi- ja jatkospituus.....	32
10.2 Hakojen ankkurointi .....	33
10.3 Jatkospituus .....	33
10.4 Limijatkokset.....	33
11 RASITUSLUOKKIEN VAATIMUKSET BETONILLE .....	34
12 RAUDOITUKSEN LASKENTA.....	35
12.1 Vetoraudoitus .....	36
12.2 Leikkausraudoitus .....	38
12.3 Jakoraudoitus.....	41
12.4 Palkkien päiden loviliitokset .....	42
12.5 Jännitysten rajoittaminen.....	43
12.6 Halkeilu .....	44
12.7 Taipuma .....	44
13 NOSTOLENKIT JA – ANKKURIT.....	46
14 PORTAAN MITAT .....	46
15 PALOMITOITUS.....	47
15.1 Yleistä.....	47
15.2 Paloluokan mukaiset betonipeitteet.....	48
15.2.1 Laatat .....	48
15.2.2 Palkit .....	49
16 KÄYTÄNNÖN ESIMERKKEJÄ .....	50
16.1 Yleistekstin päivitys .....	50
16.2 Laskentaesimerkki.....	52
16.2.1 Umpilaattaporras 9-nousua.....	53

16.2.2 Umpilaattaporras 18-nousua .....	56
16.2.3 Vertailu Excel-taulukkolaskennan tuloksiin .....	59
16.2.4 Johtopäätökset laskennasta .....	61
17 JOHTOPÄÄTÖKSET .....	61
LÄHTEET .....	63
LIITTEET .....	64
Liite 1. Kuvia porrastyypeistä .....	64
Liite 2. Laskentatulokset umpilaattaportaan tietokonelaskennasta .....	68
Liite 3. EC2 vaatimukset betonirakenteille, laattarakenteet .....	80

# KUVIOT

KUVIO 1. Kuormien mitoitusarvot.....	15
KUVIO 2. Kertoimen $\psi$ -arvot.....	17
KUVIO 3. Kertoimen $\eta_{fi}$ -arvot kuormasuhteen $Q_k/G_k$ funktiona.....	18
KUVIO 4. Laskennassa käytetty malli molemmista päistä tuetulle rakenteelle.....	21
KUVIO 5. Vaihtoehtoinen laskentamalli.....	22
KUVIO 6. Staattinen malli ulokerakenteelle.....	22
KUVIO 7. Portaan jännitykset.....	23
KUVIO 8. Portaan tukireaktiot, leikkausvoima ja momentti.....	24
KUVIO 9. Betonin lujuus- ja muodonmuutosominaisuudet.....	25
KUVIO 10. Materiaalien osavarmuusluvut.....	26
KUVIO 11. Betonipeitteen vähimmäisarvot.....	30
KUVIO 12. Eurokoodin kertoimia ankkuroinnin laskentaan.....	31
KUVIO 13. Raudoituksen tartuntaolosuhteet.....	32
KUVIO 14. Hakojen ankkurointimittoja.....	33
KUVIO 15. Limijatkosten sijoittelu.....	34

KUVIO 16. Rasitusluokkien vaatimukset betonille.....	35
KUVIO 17. Raudoitus laatan vapailla reunoilla.....	38
KUVIO 18. Puristusvyöhykkeen muoto korkeassa rakenteessa.....	40
KUVIO 19. Voimien jakautuminen ja ristikkomalli, kun puristussauvan $\text{Cot } \theta = 2,5$ ...	40
KUVIO 20. Puristusvyöhykkeen muoto matalassa rakenteessa.....	41
KUVIO 21. Voimien jakautuminen ja ristikkomalli, kun puristussauvan $\text{Cot } \theta = 1,0$ ...	41
KUVIO 22. Palkin pään loviliitosten raudoitusten viitteelliset mallit.....	42
KUVIO 23. Palkin pään loviliitoksen raudoitus tuella.....	42
KUVIO 24. B13-laskentapohjassa käytettävä ristikkomenetelmä.....	43
KUVIO 25. Halkeamaleveydet.....	44
KUVIO 26. SFS-EN 1992-1-1 kaavat 7.16a ja 7.16b.....	45
KUVIO 27. Jännemitan ja tehollisen korkeuden rajasuhde RIL 202/by61 mukaan..	46
KUVIO 28. Porraselementin vähimmäismitat.....	47
KUVIO 29. Keskiöetäisyyden a määräytyminen.....	48
KUVIO 30. Vapaasti tuetun laatan taulukkomitoitus.....	49
KUVIO 31. Vapaasti tuetun palkin taulukkomitoitus.....	50
KUVIO 32. Valmistuspiirustuksen yleistekstin päivitys.....	51



KUVIO 33. 18-nousuinen umpilaattaporras.....	52
--	----

KUVIO 34. Umpilaattaportaan tehollinen korkeus.....	53
---	----

## TAULUKOT

TAULUKKO 1. Portaiden kuormat.....	20
------------------------------------	----

TAULUKKO 2. Yleisimmin käytettyjen betonien laskentalujuudet (2-luokka).....	27
--	----

TAULUKKO 3. Yleisimmin käytettyjen betonien laskentalujuudet (1-luokka).....	28
--	----

TAULUKKO 4. Harjateräksen ankkurointipituuden mitoitusarvo $l_{bd} / \phi$ RIL212/By61 ohjeen mukaan.....	32
---	----

## LYHENTEET

$A_s$	Raudoituksen poikkileikkausala
$A_{sw}$	Leikkausraudoituksen poikkileikkausala
$d$	Poikkileikkauksen tehollinen korkeus
$f_{ck}$	Betonin lieriölujuuden ominaisarvo 28 vuorokauden ikäisenä
$f_{ctk}$	Betonin vetolujuuden ominaisarvo (betonin ominaisvetolujuus)
$f_{cd}$	Betonin puristuslujuuden mitoitusarvo
$f_{yd}$	Betoniteräksen myötölujuuden mitoitusarvo
$f_{yk}$	Betoniteräksen myötölujuuden ominaisarvo (betoniteräksen ominaismyötölujuus)
$f_{ctk,0,05}$	$0,7 \times f_{ctm}$ 5 % fraktiili
$\gamma_c$	Betonin osavarmuusluku
$\gamma_s$	Betoniteräksen osavarmuusluku
$\theta$	Kulma(leikkausmitoitus)
$R_d$	Rakenneosan kestävyysden mitoitusarvo normaalilämpötilassa
$R_{fi,d}$	Rakenneosan kestävyysden mitoitusarvo palotilanteessa
$\eta_{fi}$	Pienennyskerroin (palomitoitus)

$\psi$	Yhdistelykertoimia, joiden avulla määritellään muuttuvien kuormien edustavia arvoja
$E_d$	perusyhdistelmästä syntyvä kuormanvaikutusten mitoitusarvo
$E_{fi,d}$	perusyhdistelmästä syntyvä kuormanvaikutusten vakioimitoitusarvo palotilanteessa
$G_k$	Pysyvän kuorman ominaisarvo
$Q_k$	Muuttuvan kuorman ominaisarvo

# 1 OPINNÄYTETYÖN TAUSTA JA TAVOITTEET

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä eurokoodeihin pohjautuva suunnitteluohje HB-Betoniteollisuus Oy:n betonielementtiportaille CE-merkintää varten tehtävälle suunnittelulle. CE-merkintä tulee pakolliseksi kaikille rakennustuotteille 1.7.2013. Opinnäytetyössä on keskitytty eurokoodien sekä porras- ja betonielementtistandardien suunnittelulle asettamiin vaatimuksiin. Käytännön esimerkeissä on keskitytty laatta-portaisiin. Laattaportaista on tehty esimerkkilaskelmat käsi- ja tietokonelaskentana sekä esitetty valmistuspiirustuksen yleistekstien päivitys ja taulukko EC2:n mukaisista vaatimuksista betonirakenteille laattaportaiden osalta.

Betonielementtien CE-merkintä on niin uusi asia, että aiheesta ei ole paljon tietoa tarjolla. Aiheeseen liittyvän kirjallisuuden puute tuotti ongelmia opinnäytetyön tekemisessä. Eurokoodien mukaisten kuormien laskentaan ovat olemassa RIL 201-1 ja RIL 201-2 julkaisut. Betonirakenteiden mitoittamisesta on julkaistu by 210, jossa mitoitusta tarkastellaan teoreettisella tasolla. Opinnäytetyön tekemisen aikana julkaistiin RIL 202/by61, jossa on esitetty erittäin yksinkertaistettu suunnitteluohje betonirakenteiden eurokoodin mukaiseen suunnitteluun. Julkaisu ei sovellu kaikilta osin portaiden kaltaisten pitkien ja matalien rakenteiden suunnitteluun. Rakennustuotteollisuus RTT ry on julkaissut sarjan oppaita betonirakenteiden eurokoodien mukaiseen suunnitteluun. Myös nämä oppaat ovat niin yksinkertaistettuja, että niitä ei voi kaikilta osin soveltaa porrassuunnitteluun. Suomen Betoniyhdistys on julkaissut by60-oppaan, johon on kerätty standardin ja kansallisten määräysten teksti. Kyseessä ei kuitenkaan ole varsinainen suunnitteluohje. Suomen Rakentamismääräyskokoelman B-osaa (rakenteiden lujuus) ollaan uudistamassa eurokoodien mukaiseksi, mutta uudistustyö ei ehtinyt valmistua opinnäytetyön teon aikana.

Opinnäytetyön ohjaajana tilaajan puolesta toimi Marko Jokipii Ramboll Finland Oy:stä.

## 2 HB-BETONITEOLLISUUS Oy

HB-Betoniteollisuus Oy on jo kolmannessa polvessa toimiva betonituotteita ja valmisbetonia valmistava perheyrittäjä. Yrityksen historia alkaa vuodesta 1963. Tuotantolaitokset sijaitsevat Jyväskylässä ja Somerolla. Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2010 noin 30 miljoonaa euroa. Työntekijöitä on noin 150 henkilöä ja alihankkijoilla muun muassa kuljetuksessa noin 60 henkilöä. HB-Betoniteollisuus Oy:n markkina-alueena on koko Suomi sekä Ruotsi ja Viro. Yhtiö omistaa puolet Pietarissa toimivasta betonituotetehtaasta. HB-Betoniteollisuus Oy:n tytäryhtiö HB-Priima Kivitalot Oy on perustettu vuonna 2005. HB-Priima Kivitalot markkinoi pientalorakentamiseen talopakettiratkaisuja kevytsora- ja betoniharkkoista. HB-Betoniteollisuus Oy:llä on ISO 9001:2000 (laatujärjestelmä) ja ISO 14001:2004 (ympäristöjärjestelmä) -sertifikaatit ([www.hb.fi](http://www.hb.fi)).

## 3 RAMBOLL FINLAND Oy

Ramboll Finland Oy on osa kansainvälistä Ramboll Groupia. Rambollilla on lähes 10 000 työntekijää ympäri maailmaa. Ramboll Finland Oy:n liikevaihto oli 89,8 miljoonaa euroa vuonna 2010. Suomessa on noin 1 300 työntekijää. Toimialana on suunnitteluun, rakentamiseen, tuotekehitykseen ja ylläpitoon liittyvät konsultti- ja asiantuntijapalvelut talo-, infra-, teollisuus-, energia- sekä vesi- ja ympäristötoimialoilla ja johdon konsultoinnissa ([www.ramboll.fi](http://www.ramboll.fi)).

## 4 TIETOPERUSTA

### 4.1 CE-merkintä

Rakennustuotteiden CE-merkintä tulee pakolliseksi 1.7.2013. Rakennustuotteessa oleva CE-merkintä on selvitys tuotteen ominaisuuksista. CE-merkintä ei yksin takaa sitä, että tuotetta voidaan käyttää kyseisessä kohteessa, koska rakennustuotteisiin vaikuttavat myös kansalliset määräykset. CE-merkintä tulee pakolliseksi kaikille niille rakennustuotteille, joihin sovelletaan eurooppalaisia harmonisoituja tuotestandarde-

ja (hEN). Rakennustuotteiksi katsotaan rakennuskohteeseen kiinteäksi osaksi tulevat tuotteet, kuten betonielementit. CE-merkintää ei tarvita tuotteille, jotka on valmistettu tilauksesta tiettyyn kohteeseen muuten kuin sarjatuotantona, sekä tuotteille, jotka valmistetaan rakennuspaikalla ja joiden kiinnittämisestä rakennuskohteeseen vastaa valmistaja (esimerkiksi betonielementti, jonka urakoitsija valaa työmaalla ja asentaa paikoilleen rakennukseen). CE-merkintää ei myöskään vaadita historialliseen korjausrakennuskohteeseen perinteiseen tapaan valmistettuun tuotteeseen. CE-merkinnällä rakennustuotteen valmistaja vakuuttaa, että sen valmistama tuote täyttää sitä koskevien direktiivien vaatimukset. Teoriassa CE-merkinnällä varustettua rakennustuotetta voi viedä muihin Euroopan talousalueen maihin. Käytännössä viettä rajoittavat eurokoodien kansalliset liitteet, joissa esitetään kansalliset parametrit rakenteiden kuormille ja eri kertoimille (NA, National Annex) sekä muut kansalliset määräykset, esim. Suomen rakentamismääräyskokoelma.

Tyypiporraselementtien vaatimuksenmukaisuuden osoittamisessa käytetään menetelmää 2+, joka on tarkoitettu yksilöllisesti suunniteltaville vakiotuotteille (SFS-EN 14843). Menetelmä kahdessa ilmoitetaan geometriset tiedot, materiaaliominaisuudet ja kantokyky. Opinnäytetyötä tehdessä betonivalmisosilta vaadittavia ominaisuuksia koskeva kansallinen standardi oli vasta lausuntovaiheessa.

## 4.2 Eurokoodit

Eurokoodien taustalla on vuonna 1975 tehty Euroopan yhteisön komissio päätös rakennustekniikkaan liittyvästä toimintaohjelmasta. Ohjelman tavoitteena oli kaupan teknisten esteiden poistaminen ja teknisten vaatimusten yhdenmukaistaminen yhteisön alueella. Eurokoodeissa tunnustetaan kunkin jäsenmaan hallintoviranomaisten vastuu ja niissä varmistetaan heidän oikeutensa määrätä varmuustasoon liittyvät arvot kansallisesti silloin, kun nämä edelleen ovat eri maissa erilaiset. Tätä kirjoittaessa kansalliset määräykset löytyvät Ympäristöministeriön Internet-sivuilta osoitteesta [www.ymparisto.fi](http://www.ymparisto.fi).

### 4.3 Rakennusalan yhdistysten julkaisut

RIL 201-1 ja RIL 201-2 julkaisut on tehty oppaiksi kuormien laskentaan eurokoodeilla. Julkaisu, by 210 Betonirakenteiden suunnittelu ja mitoitus, on teos, jossa mitoitusta tarkastellaan teoreettisella tasolla. RIL 202/by61 julkaistiin opinnäytetyön tekemisen aikana. Julkaisussa on esitetty erittäin yksinkertaistettu suunnitteluohje betonirakenteiden eurokoodin mukaiseen suunnitteluun. Julkaisu ei sovellu kaikilta osin portaiden kaltaisten pitkien ja matalien rakenteiden suunnitteluun. Rakennustuoteteollisuus RTT ry on julkaissut sarjan yksinkertaistettuja oppaita betonirakenteiden eurokoodien mukaiseen suunnitteluun. Näitä julkaisuja ei voi kaikilta osin soveltaa porrassuunnitteluun. Suomen Betoniyhdistys on julkaissut by60-oppaan, johon on kerätty standardin ja kansallisten määräysten teksti.

## 5 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

Opinnäytetyö toteutettiin hypoteesittomana kvalitatiivisena tutkimuksena lähdeaineistoa analysoimalla. Lähdeaineistona olivat Maankäyttö ja rakennuslaki, ympäristöministeriön asetukset, standardit ja rakennusalan järjestöjen julkaisut sekä puhelinkeskustelut asiantuntijoiden kanssa. Opinnäytetyötä tehdessä konsultoitin opinnäytetyötä ohjaavaa opettajaa, työpaikan opinnäytetyön ohjauksesta vastaavaa henkilöä sekä toimeksiantajan edustajaa.

Opinnäytetyön tekemistä aloitettaessa, aiempi kompetenssi aiheesta koostui rakennesuunnitteluun suuntautuneista opinnoista, työjohtokokemuksesta betonielementtitehtaalla sekä työkokemuksesta rakennesuunnittelijana.

Opinnäytetyön tekeminen aloitettiin tutkimalla Maankäyttö ja rakennuslakia. Maankäyttö ja rakennuslaissa, kohdassa 152§, määrätään, että rakennustuotteen on oltava ominaisuuksiltaan rakentamiselle asetetut vaatimukset täyttävä sekä todetaan, että CE-merkinnällä varustetun rakennustuotteen katsotaan täyttävän vaatimukset.

Aiheeseen liittyvät rakennusalan yhdistysten julkaisut analysoitiin. Analyysin johtopäätös oli, että olemassa oleva suunnitteluohjeistus ei ole validia CE-merkittävien betonielementtiportaiden suunnittelua varten.

Lähdeaineistoksi koottiin aiheeseen liittyvät standardit ja ympäristöministeriön asetukset sekä rakennusalan yhdistysten julkaisut. Opinnäytetyön aihe jaoteltiin aihekokonaisuuksiksi, joihin haettiin ratkaisuja lähdeaineistoa analysoimalla.

Lähdeaineistoa analysoidessa selvisi, että kaikista aihealueista ei ole saatavissa selkeää, yksiselitteistä tietoa. Esimerkiksi leikkausraudoituksen mitoitus eurokoodeilla on ohjeistettu puutteellisesti rakennusalan yhdistysten julkaisuissa. Ongelman ratkaisemiseen ei riittänyt standardien analysointi, vaan oli konsultoitava opinnäytetyön ohjaajia useaan kertaan. Palomitoitusta tutkittaessa havaittiin standardissa ja eri julkaisuissa esitettyjen mitoitusmallien olevan soveltumattomia joidenkin porrastyyppien mitoitukseen. Standardissa on mainittu toivomus siitä, että eri järjestöt ja muut alan toimijat kehittäisivät laskentamenetelmiä standardissa esitettyjen laskentamallien ulkopuolelle jäävien rakenteiden mitoitukseen. Opinnäytetyötä tehtäessä havaittiin, että kyseisiä mitoitusvälineitä ei ollut saatavilla.

Esimerkkilaskelmat laskettiin kahdesta eri tyyppiportaasta, kahdessa eri rakenneluokassa, sekä vastaavat laskelmat tietokonelaskentana ja analysoitiin laskennasta saatuja tuloksia.

Opinnäytetyön teon yhteydessä tutkittiin selvinneiden asioiden käytännön toteuttamiskelpoisuutta tekemällä päivitys suunnitteluasiakirjan yleistekstiin sekä betonirakenteelta vaadittavien ominaisuuksien taulukkoon.

## 6 PORRASTYYPIT

HB-Betoniteollisuus valmistaa useita eri tyyppisiä betonisia porraselementtejä sekä vakio mitoilla että asiakkaan mittojen mukaan.



HB-Betoniteollisuuden porrastyyppit:

- HB-A Keskipalkkiporras
- HB-A/T Keskipalkkiporras lepotasolla
- HB-AK Keskipalkillinen avokierreporras
- HB-ASPO Asuntoporras
- HB-ASPO/T Asuntoporras lepotasolla
- HB-KP Kiertävä keskipilariporras
- HB-SUKE Umpikierreporras pilarilla (myös sortumakuorma)
- HB-U Sivupalkkiporras
- HB-UL Umpilaattaporras
- HB-UL/L Kiertävä umpilaattaporras
- HB-UL/T Tasollinen umpilaattaporras

## 7 KUORMAT

### 7.1 Yleistä

Kuormat ilmoitetaan ominaiskuormina, joista lasketaan eri kuormitusyhdistelmät. Kuormat jaetaan pysyviin-, muuttuviin-, palo- ja onnettomuuskuormiin. Rakenteen oma paino luokitellaan pysyväksi kiinteäksi kuormaksi. Hyötykuormat ovat muuttuvia kuormia.

Pysyvistä ja muuttuvista kuormista lasketaan eri kuormitusyhdistelmät murto- ja käyttörajatilassa. Onnettomuus- ja palokuormat lasketaan tarvittaessa. Murtorajati-  
lan kuormien yhdistely on esitetty kuviossa 1.

Normaalisti vallitsevat ja tilapäiset mitoitusolot	Pysyvät kuormat		Määrävä muuttuva kuorma (*)	Muut samanaikaiset muuttuvat kuormat (*)
	Epäedulliset	Edulliset		
(Yht. 6.10a)	$1,35 K_{FI} G_{k,j, sup}$	$0,9 G_{k,j, inf}$		
(Yht. 6.10b)	$1,15 K_{FI} G_{k,j, sup}$	$0,9 G_{k,j, inf}$	$1,5 K_{FI} Q_{k,i}$	$1,5 K_{FI} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

(\*)Taulukon A.1.1 mukaiset kuormat ovat muuttuvia kuormia.

Huom. 1: Mitoituskäytännönä asia voidaan ilmaista siten, että kuormien yhdistelmänä käytetään epäedullisempaa kahdesta seuraavasta lausekkeesta, jolloin on huomattava, että jälkimmäinen lauseke sisältää vain pysyviä kuormia:

$$\begin{cases} 1,15 K_{FI} G_{k,j, sup} + 0,9 G_{k,j, inf} + 1,5 K_{FI} Q_{k,i} + 1,5 K_{FI} \sum_{i>1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \\ 1,35 K_{FI} G_{k,j, sup} + 0,9 G_{k,j, inf} \end{cases}$$

$K_{FI}$  riippuu standardin SFS-EN 1990 liitteen B taulukon B2 mukaisesta luotettavuusluokasta seuraavasti:

luotettavuusluokassa RC3  $K_{FI} = 1,1$   
luotettavuusluokassa RC2  $K_{FI} = 1,0$   
luotettavuusluokassa RC1  $K_{FI} = 0,9$ .

Luotettavuusluokkia selventävät seuraamusluokat CC3 ... CC1 esitetään liitteessä B.

Huom. 2: Katso myös standardeista SFS-EN 1992 ... SFS-EN 1999 pakkosiirtymä- tai pakkomuodonmuutostilalle käytettäviä osavarmuusluvun  $\gamma$ -arvoja.

Huom. 3: Kaikkien samasta syystä aiheutuvien pysyvien kuormien ominaisarvot kerrotaan osavarmuusluvulla  $\gamma_{G, sup}$ , jos kuorman kokonaisvaikutus on epäedullinen ja osavarmuusluvulla  $\gamma_{G, inf}$ , jos kuorman kokonaisvaikutus on edullinen. Esimerkiksi kaikkien rakenteen omasta painosta aiheutuvien kuormien voidaan katsoa aiheutuvan samasta syystä; tämä pitää paikkansa silloinkin, kun kyseessä on erilaisia materiaaleja.

Huom. 4: Erityistarkasteluissa osavarmuuslukujen  $\gamma_G$  ja  $\gamma_Q$  arvot voidaan jakaa osiin  $\gamma_g$  ja  $\gamma_q$  ja mallin epävarmuuskertoimeen  $\gamma_{Sd}$ . Useimmissa tapauksissa voidaan käyttää välillä 1,05 ... 1,15 olevaa epävarmuuskertoimen  $\gamma_{Sd}$  arvoa.

Huom. 5: Pohjarakenteiden geoteknisen suunnittelun osalta katso standardi SFS-EN 1997-1 kansallisine liitteineen.

KUVIO 1. Kuormien mitoitusarvot (STR/GEO) (SFS-EN 1990: Taulukko A1.2(B))

## 7.2 Murtorajatila

Murtorajatila tarkoittaa tilaa, jossa rakenne sortuu tai vaurioituu muuten käyttökelvottomaksi. Murtorajatilan kuorma lasketaan kaavoilla:

$$p_d = 1,15 * g_k + 1,5 * q_k$$

$$p_d = 1,15 * g_k + 1,5 * Q_k ; \text{ Pistekuorman } Q_k \text{ kuormitusalueksi käytetään } 50 \times 50 \text{ mm}^2, \text{ kun } Q_k \leq 2,0 \text{ kN, muutoin } 100 \times 100 \text{ mm}^2$$

$$p_d = 1,35 * g_k$$

Oman painon osavarmuustekijää voidaan pienentää tekijällä 0,95 tai 0,90 jos standardin EN 13369 C.4 tai 5 ehdot täyttyvät

## 7.3 Palokuorma

Palokuormien kuormitusyhdistelmä portaille (vain yksi hyötykuorma) lasketaan seuraavalla kaavalla, johon kertoimen  $\psi$  arvo saadaan kuviosta 2:

$$G_k + (\psi_1 \text{ tai } \psi_2) * Q_k$$

Kuorma	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Hyötykuormat rakennuksissa, luokka (katso SFS-EN 1991-1-1)			
Luokka A: asuintilat	0,7	0,5	0,3
Luokka B: toimistotilat	0,7	0,5	0,3
Luokka C: kokoontumistilat	0,7	0,7	0,3
Luokka D: myymälätilat	0,7	0,7	0,6
Luokka E: varastotilat	1,0	0,9	0,8
Luokka F: liikennöitävät tilat, ajoneuvon paino $\leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6
Luokka G: liikennöitävät tilat, $30\text{kN} < \text{ajoneuvon paino} \leq 160$ kN	0,7	0,5	0,3
Luokka H: vesikatot	0	0	0
Lumikuorma (katso SFS-EN 1991-1-3)* <sup>1</sup> kun $s_k < 2,75 \text{ kN/m}^2$	0,7	0,4	0,2
$s_k \geq 2,75 \text{ kN/m}^2$	0,7	0,5	0,2
Jääkuorma ** <sup>1</sup>	0,7	0,3	0
Rakennusten tuulikuormat (katso SFS-EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Rakennusten sisäinen lämpötila (ei tulipalossa) (katso SFS-EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
<sup>1</sup> ) Ulkotasoilla ja parvekkeilla $\psi_0 = 0$ luokkien A, B, F ja G yhteydessä. Huom: Mikäli rakennuksessa on eri kuormaluokkia, joita ei voi erotella omiin selviin ryhmiinsä, käytetään $\psi$ -arvoja, jotka antavat epäedullisimman vaikutuksen. ** <sup>1</sup> ) Lisätty Suomen kansalliseen liitteeseen.			

KUVIO 2. Kertoimen  $\psi$  arvot (SFS-EN 1990 NA Taulukko A1.1)

Standardissa SFS-EN 1992-1-2, kohdassa 4.3.1 määrätään käyttämään kerrointa  $\psi_1$  tai  $\psi_2$ , suosituksena  $\psi_2$ . Kansallisessa liitteessä määrätään käyttämään kerrointa  $\psi_2$  hyötykuormille.

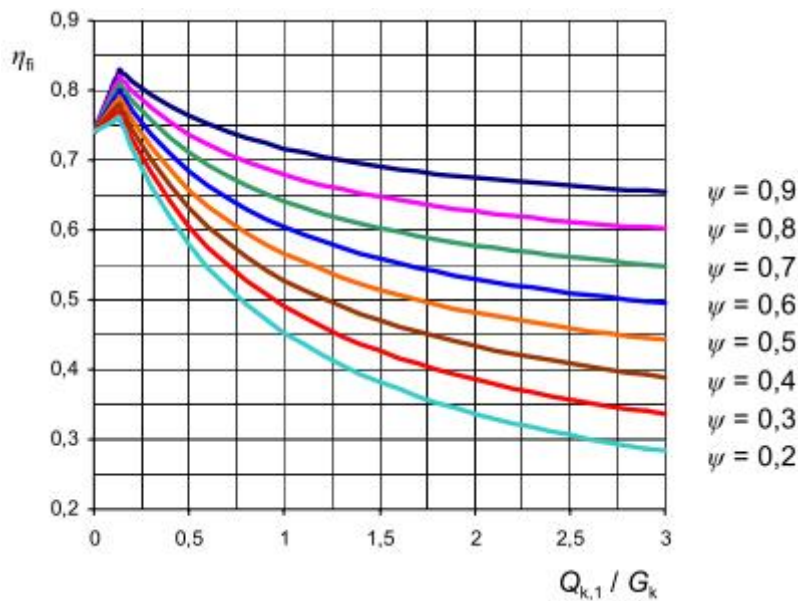
Yksinkertaistettu menetelmä palokuorman laskemiseen:

$$E_{fi,d} = \eta_{fi} * E_d \text{ (SFS-EN 1991-1-2 4.3.2)}$$

$E_d$  on standardin EN 1990 mukaisesta perusyhdistelmästä syntyvä asianomaisten kuormanvaikutusten mitoitusarvo

$E_{fi,d}$  on vastaava vakioimitoitusarvo palotilanteessa

$\eta_{fi}$  on pienennyskerroin, suositusarvo 0,7. Tarkka arvo saadaan tarvittaessa kuviosta 3.



KUVIO 3. Kertoimen  $\eta_{fi}$  arvot kuormasuhteen  $Q_k/G_k$  funktiona (SFS-EN 1992-1-2 NA Kuva 2.1)

## 7.4 Onnettomuuskuorma

Standardissa SFS-EN 1991-7(onnettomuuskuormat) kohdassa 3.2 mainitaan, että talonrakenteiden osalta pelastustoimenpiteet ja henkilöiden turvallinen poistuminen voivat olla standardin säädösten piirissä. Standardissa ei kuitenkaan oteta kantaa portaisiin, eikä niistä ole olemassa kansallisia lisämääräyksiä. Kun porrasta käytetään väestönsuojan poistumistien suojana, onnettomuuskuormat määrätään sisäasiainministeriön asetuksessa väestönsuojien teknisistä vaatimuksista. Väestönsuojan poistumistien kattona toimiva portas on mitoitettava tavanomaisten kuormien lisäksi  $25 \text{ kN/m}^2$  suuruiselle sortumakuormalle. Monissa Euroopan maissa käytössä oleva vaatimus elementtien sidonnasta on ollut esillä rakennustuotealan keskuudessa, mutta sen käyttöönotosta ei ole tehty päätöstä (Tikanoja 2011).

## 7.4 Tilapäiset mitoitusilanteet

Nosto-, kuljetus- ja asennusaikaiset kuormat saadaan määritettyä vuonna 2010 julkaistusta Betonielementtien nostolenkit ja ankkurit -kirjasta.

## 7.5 Käyttörajatila

Käyttörajatila tarkoittaa tilaa, jonka ylittämisen jälkeen rakenteelle tai rakenneosalle asetetut käyttökelpoisuusvaatimukset eivät enää täyty. Käyttörajatilan kuorma laskeaan kaavalla:

$$p_d = g_k + q_k$$

$$p_d = g_k + Q_k ; \text{ Pistekuorman } Q_k \text{ kuormitusalueana käytetään } 50 \times 50 \text{ mm}^2 ,$$

$$\text{kun } Q_k \leq 2,0 \text{ kN, muutoin } 100 \times 100 \text{ mm}^2$$

## 7.6 Kuormien arvot

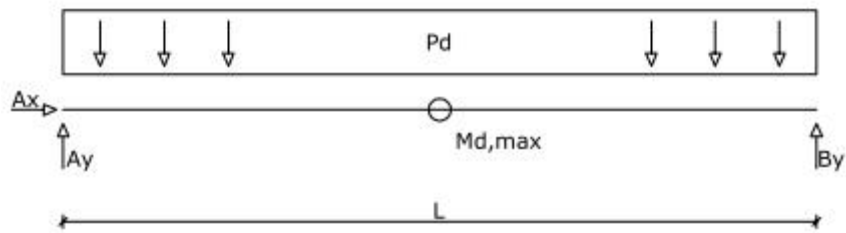
Portaiden hyötykuormat (ks. taulukko 1) on esitetty standardin EN 1991-1-1 kansallisessa liitteessä.

TAULUKKO 1. Portaiden kuormat (SFS-EN 1991-1-1 NA)

Tila	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]
Luokka A: asuin- ja majoitustilat	2,0	2,0
Luokka B: toimistotilat	3,0	2,0
Luokka C1: kokoontumistilat: koulut, ravintolat, tilat joissa on pöytiä	3,0	3,0
Luokka C2: kokoontumistilat: teatterit, luentosalit, kiinteät istuimet	3,0	3,0
Luokka C3: kokoontumistilat: julkisten rakennusten eteistilat, ei liikkumista rajoittavia esteitä	3,0	4,0
Luokka C4: kokoontumistilat: liikuntatilat	3,0	4,0
Luokka C5: kokoontumistilat: tungoskuormat	6,0	4,0
Luokka D1: myymälätilat	3,0	4,0
Luokka D2: tavaratalojen tilat	6,0	7,0

## 7.7 Portaiden staattinen malli ja kuormien laskenta

Portaiden kuormat voidaan laskea eri tavoilla. Laskenta suoritetaan vaakaprojektiona (kuvio 4). Tällä laskentatavalla portaaseen ei lasketa mukaan halkeamia ja taipumia pienentävää pituussuuntaista normaalivoimaa. Vaihtoehtoisena laskentamenetelmänä voidaan käyttää kuviossa 5 esitettyä mallia. Ulokeportaatt lasketaan kuviossa 6 esitetyllä mallilla.



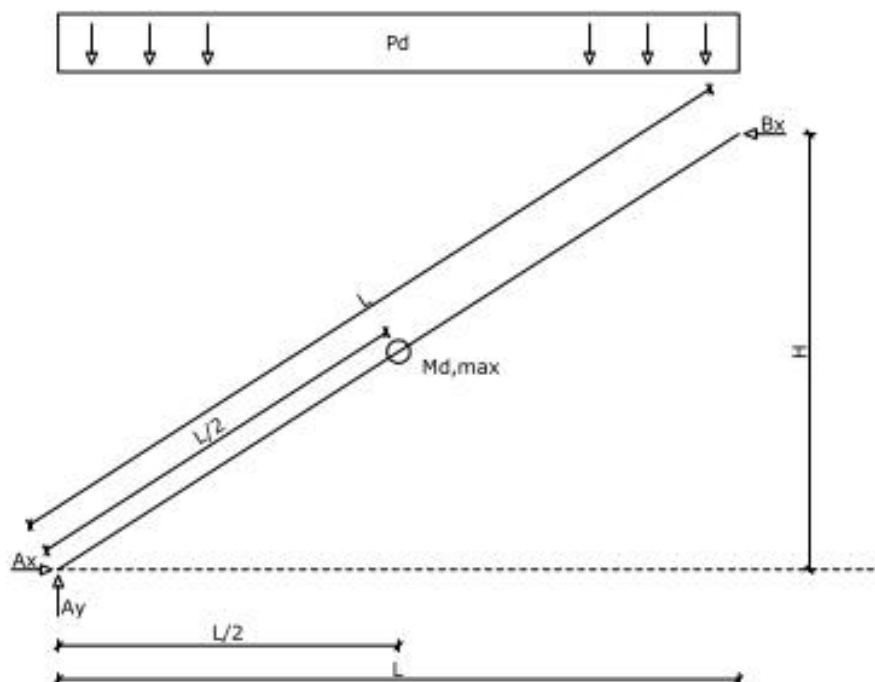
KUVIO 4. Laskennassa käytetty malli molemmista päistä tuetulle rakenteelle

Voimien laskenta:

$$A_y = B_y = 0,5 * p_d * L$$

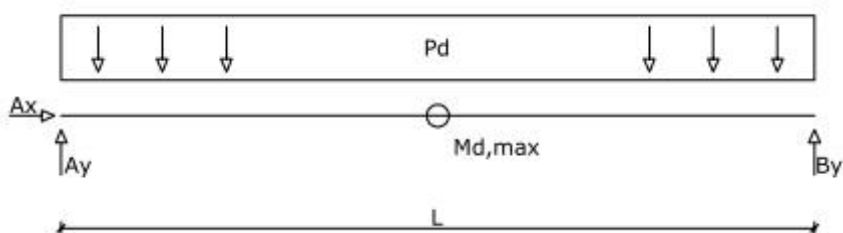
$$M_d = (p_d * L^2) / 8$$





KUVIO 5. Vaihtoehtoinen laskentamalli

Kuviossa 5 esitettyä mallia käytettäessä kuormat voidaan laskea kahdella eri tavalla. Portaen pituudeksi voidaan ottaa vaakamitta tai portaen pituus tuelta A tuelle B. Jos portaen pituudeksi otetaan mitta suoraan A- ja B-tuen väliltä, portaaseen kohdistuva hyötykuorma jakautuu vaaka- ja vinomitan suhteessa ja metrikuorma pienenee. Tällöin portaaseen kohdistuva pystysuora voima jakaantuu kohtisuoraan pintaa vasten olevaan ja portaan suuntaiseen puristusta aiheuttavaan normaalivoimaan. Puristava voima pienentää halkeamia ja taipumia. Eri laskentatavoista saadun kokemuksen pohjalta on havaittu, että lopputuloksen kannalta laskentatavoilla ei ole käytännössä eroa.



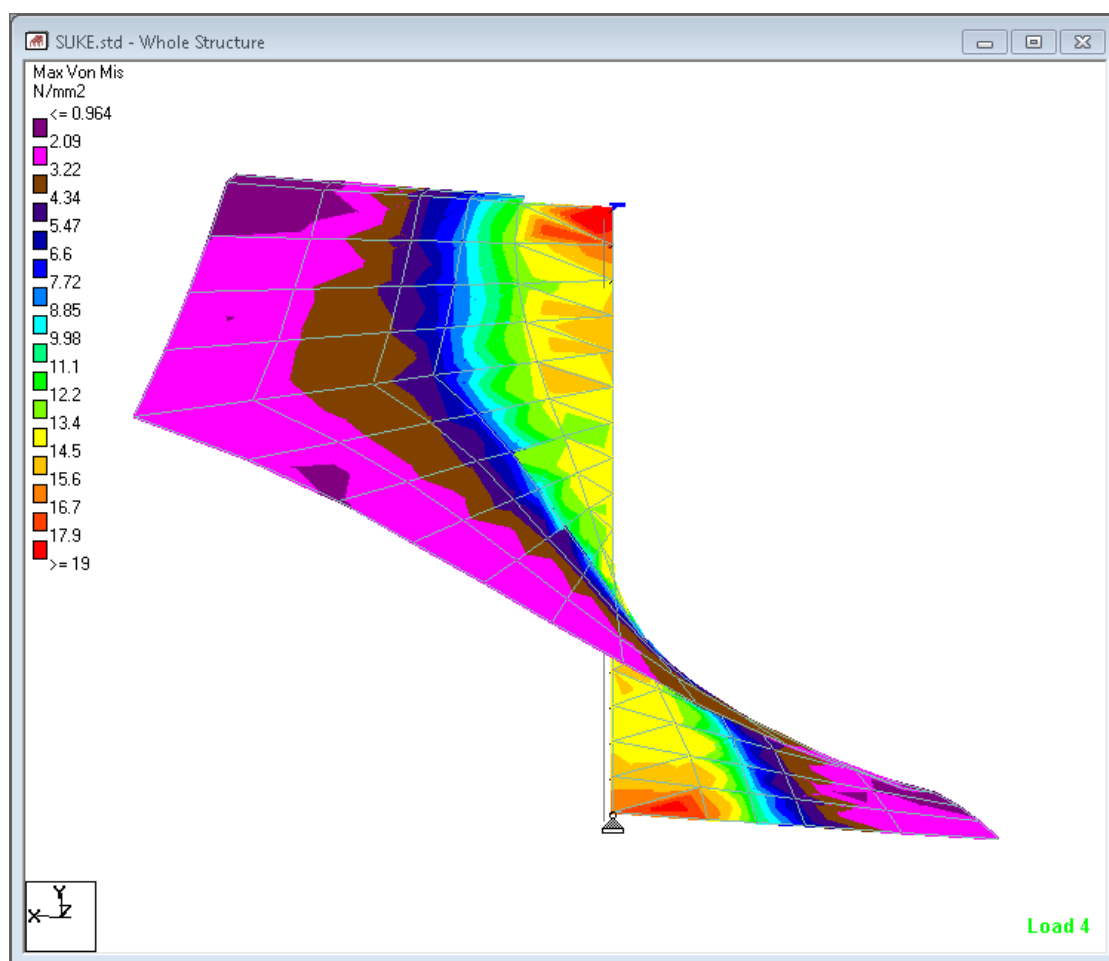
KUVIO 6. Staattinen malli ulokerakenteelle

Voimien laskenta:

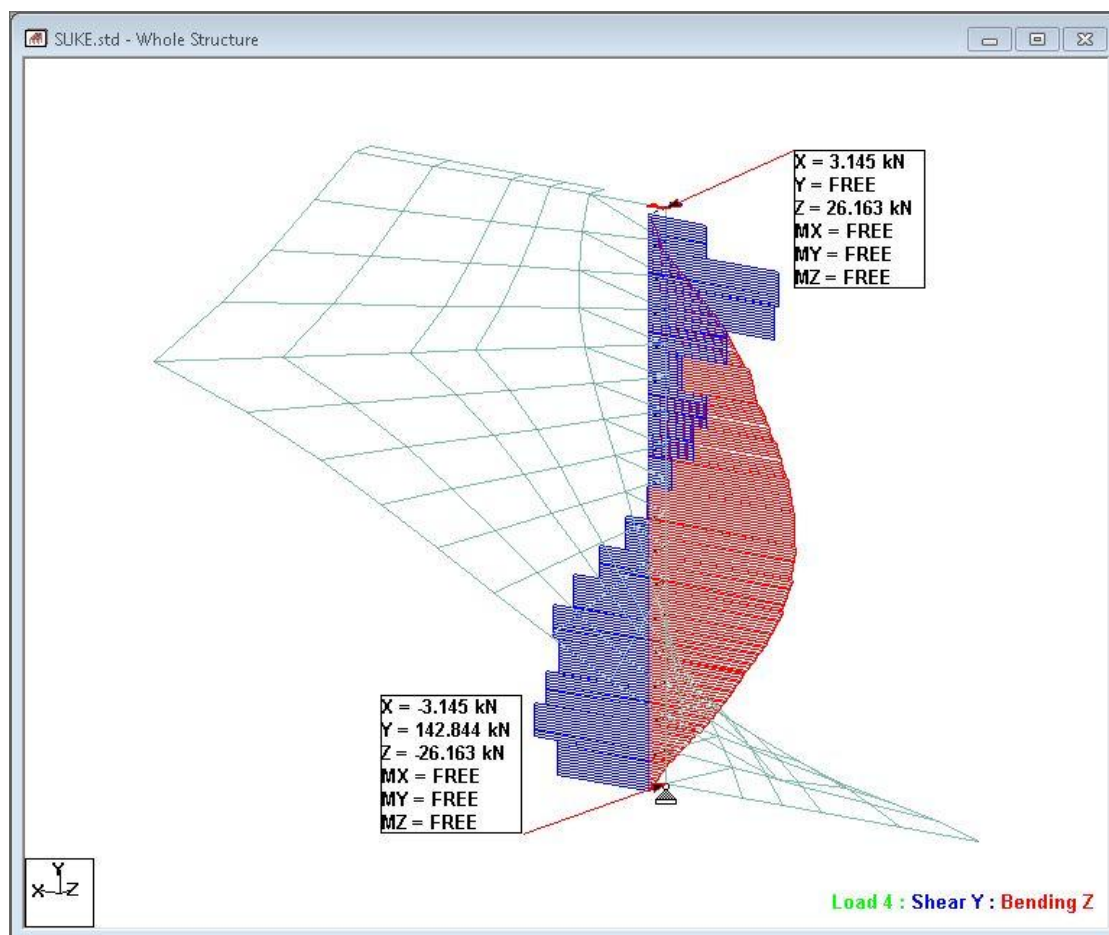
$$A_y = p_d * L$$

$$M_d = (p_d * L^2) / 2$$

Kiertävät portaat lasketaan tietokonelaskentana ohjelmilla, jotka käyttävät FEM-laskentamenetelmää. FEM, eli finite element method, on laskentamenetelmä, jossa mallinnettu kohde jaetaan useisiin solmupisteisiin. Pisteiden määrää voidaan lisätä kriittisillä alueilla. Tästä muodostuu elementtiverkko (sauvoja, levyjä ja 3D-kappaleita), jonka pisteiden kuormitus- ja siirtymätietoja voidaan tarkastella. Kuvioissa 7 ja 8 on kuvia STAAD.Pro-ohjelmalla lasketusta pilarillisesta umpikierreportaasta.



KUVIO 7. Portaan jännitykset



KUVIO 8. Portaan tukireaktiot, leikkausvoima ja momentti

## 8 MATERIAALIEN OMINAISUUDET

### 8.1 Betoni

Betoniporrasstandardin (SFS-EN 14843) mukaan betonielementtiportaassa käytettävä betoni on oltava vähintään lujuusluokkaa C30/37. Betonin lujuus- ja muodonmuutosominaisuudet on esitetty kuviossa 9.

Betonin lujuusluokka															Analyttinen yhteys/viittaus
$f_{ck}$ (MPa)	12	16	20	25	30	35	40	45	50	55	60	70	80	90	
$f_{ck, cube}$ (MPa)	15	20	25	30	37	45	50	55	60	67	75	85	95	105	
$f_{cm}$ (MPa)	20	24	28	33	38	43	48	53	58	63	68	78	88	98	$f_{cm} = f_{ck} + 8$ (MPa)
$f_{ctm}$ (MPa)	1,6	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,6	4,8	5,0	$f_{ctm} = 0,30 \times f_{ck}^{(2/3)} \leq C50/60$ $f_{ctm} = 2,12 \cdot \ln(1 + (f_{cm}/10)) > C50/60$
$f_{ctk, 0,05}$ (MPa)	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,2	3,4	3,5	$f_{ctk,0,05} = 0,7 \times f_{ctm}$ 5 % fraktiili
$f_{ctk, 0,95}$ (MPa)	2,0	2,5	2,9	3,3	3,8	4,2	4,6	4,9	5,3	5,5	5,7	6,0	6,3	6,6	$f_{ctk,0,95} = 1,3 \times f_{ctm}$ 95 % fraktiili
$E_{cm}$ (GPa)	27	29	30	31	33	34	35	36	37	38	39	41	42	44	$E_{cm} = 22[(f_{cm})/10]^{0,3}$ ( $f_{cm}$ MPa)
$\epsilon_{c1}$ (‰)	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,25	2,3	2,4	2,45	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	ks. kuvaa 3.2 $\epsilon_{c1}$ (‰) = $0,7 \cdot f_{cm}^{0,31} \leq 2,8$
$\epsilon_{cu1}$ (‰)	3,5									3,2	3,0	2,8	2,8	2,8	ks. kuvaa 3.2 kun $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\epsilon_{cu1}$ (‰) = $2,8 + 27[(98 - f_{cm})/100]^4$
$\epsilon_{cu2}$ (‰)	2,0									2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	ks. kuvaa 3.3 kun $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\epsilon_{cu2}$ (‰) = $2,0 + 0,085(f_{ck} - 50)^{0,53}$
$\epsilon_{cu2}$ (‰)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	ks. kuvaa 3.3 kun $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\epsilon_{cu2}$ (‰) = $2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$
$n$	2,0									1,75	1,6	1,45	1,4	1,4	ks. kuvaa 3.4 kun $f_{ck} \geq 50$ Mpa $n = 1,4 + 23,4[(90 - f_{ck})/100]^4$
$\epsilon_{c3}$ (‰)	1,75									1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	ks. kuvaa 3.4 kun $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\epsilon_{c3}$ (‰) = $1,75 + 0,55[(f_{ck} - 50)/40]$
$\epsilon_{cu3}$ (‰)	3,5									3,1	2,9	2,7	2,6	2,6	ks. kuvaa 3.4 kun $f_{ck} \geq 50$ Mpa $\epsilon_{cu3}$ (‰) = $2,6 + 35[(90 - f_{ck})/100]^4$

KUVIO 9. Betonin lujuus- ja muodonmuutosominaisuudet (SFS-EN1992-1-1 Taulukko 3.1)

### 8.1.1 Puristuslujuuden mitoitusarvo

$$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_c$$

$\gamma_c$  = on betonin osavarmuusluku

$\alpha_{cc}$  = 0,85 on kerroin, jonka avulla otetaan huomioon puristuslujuuteen vaikuttavat pitkäaikaistekijät ja kuorman vaikuttamistavasta aiheutuvat epäedulliset tekijät. (Kansallinen liite)

Onnettomuustilanteissa (ei kuitenkaan palomitoituksessa) käytetään osavarmuuslukuja:

$$\gamma_c = 1,2 \text{ ja } \gamma_s = 1,0$$

Palomitoituksessa käytetään osavarmuuslukuja:

$$\gamma_C = 1,0 \text{ ja } \gamma_S = 1,0$$

Mitoitustilanteet	betonin $\gamma_C$	betoniteräksen $\gamma_S$	jänneteräksen $\gamma_S$
Normaalisti vallitseva ja tilapäinen	1,5	1,15	1,15
Onnettomuus	1,2	1,0	1,0

KUVIO 10. Materiaalien osavarmuusluvut (SFS-EN1992-1-1 NA Taulukko 2.1N)

### 8.1.2 Vetolujuuden mitoitusarvo

$$f_{ctd} = \alpha_{ct} * f_{ctk,0,05} / \gamma_C$$

$\gamma_C$  on betonin osavarmuusluku (ks. kuvio 10)

$\alpha_{ct}$  on kerroin, jonka avulla otetaan huomioon vetolujuuden vaikuttavat pitkäaikaistekijät ja kuorman vaikuttamistavasta riippuvat epäedulliset tekijät.

HUOM. Kussakin maassa käytettävä kertoimen  $\alpha_{ct}$  arvo voidaan esittää kansallisessa liitteessä. Suositusarvo on 1,0.

#### **Esim. Betonin C30/37-2 ominaisuuksien laskenta**

Puristuslujuus:

$$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = 0,85 * 30 / 1,5$$

$$f_{cd} = 17,0 \text{ N/mm}^2$$

Vetolujuus:

$$f_{ctk,0,05} = 2,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctd} = 1,0 * 2,0 / 1,5$$

$$f_{ctd} = 1,33 \text{ N/mm}^2$$

TAULUKKO 2. Yleisimmin käytettyjen betonien laskentalujuudet (2-luokan rakenne)

Betoni	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
Puristus	17,0	19,8	22,7	25,5	28,3
Veto	1,33	1,47	1,67	1,8	1,93

**Esim. Betonin C30/37-1 ominaisuuksien laskenta**

Puristuslujuus:

$$f_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{cd} = 0,85 * 30 / 1,35$$

$$f_{cd} = 18,9 \text{ N/mm}^2$$

Vetolujuus:

$$f_{ctk,0,05} = 2,0 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{ctd} = 1,0 * 2,0 / 1,35$$

$$f_{ctd} = 1,48 \text{ N/mm}^2$$

$\gamma_c = 1.35$  (CE-merkityssä betonielementtiportaassa voidaan käyttää normaalia pienempiä osavarmuuslukuja jos käytetään SFS EN 1992-1-1 taulukon A.1 pienennettyjä mitta- poikkeamia, tai valmistus on RakMK B4 1-luokassa tai käytetään pienennettyjä/mitattuja geometrisiä parametreja)

TAULUKKO 3. Yleisimmin käytettyjen betonien laskentalujuudet (1-luokan rakenne)

Betoni	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
Puristus	18,9	22,0	25,2	28,3	31,5
Veto	1,48	1,63	1,85	2,0	2,15

## 8.2 Teräs

Betoniteräksen lujuuden mitoitusarvo lasketaan myötölujuudesta

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

$\gamma_s$  on betoniteräksen osavarmuusluku

Esim. A500HW (2-luokan rakenne)

$$f_{yk} = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

$$f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$\gamma_s = 1,15$$

Esim. A500HW (1-luokan rakenne)

$$f_{yk}=500 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

$$f_{yd} = 454,5 \text{ N/mm}^2$$

$\gamma_s = 1,1$  (CE-merkityssä betonielementtiportaassa voidaan käyttää normaalia pienempiä osavarmuuskertoimia jos käytetään SFS EN 1992-1-1 taulukon A.1 pienennettyjä mitta-poikkeamia, tai valmistus on RakMK B4 1-luokassa tai käytetään pienennettyjä/mitattuja geometrisiä parametreja)

## 9 BETONIPEITE

Betonipeite on betonipinnan ja sitä lähinnä olevan raudoituksen (mukaan lukien haat ja mahdollinen pintaraidoitus) pinnan välinen etäisyys.

Betonipeitteen nimellisarvo tulee määritellä piirustuksissa. Se määritellään peitteen vähimmäisarvon  $c_{min}$  (EC2, 4.4.1.2) ja suunnittelussa huomioon otettavan mitta-poikkeaman  $\Delta c_{dev}$  (EC2 4.4.1.3) summana  $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$

Betonipeitteellä tulee olla vähimmäisarvo,  $c_{min}$ , jotta taataan tartuntavoimien varma siirtyminen teräksen suoja korroosiota vastaan sekä riittävä palonkestävyys.

Betonipeitteen vähimmäisarvolle  $c_{min}$  tulee käyttää suurempaa arvoista, jotka täyttävät sekä tartuntaa että ympäristöolosuhteita koskevat vaatimukset.

$$c_{min} = \max \{ c_{min,b} ; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,y} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add} ; 10 \text{ mm} \}$$

$c_{min,b}$  on tartuntavaatimuksesta johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo, (EC2 4.4.1.2 (3))



$c_{min,dur}$  on ympäristöolosuhteista johtuva betonipeitteen vähimmäisarvo, (EC2 4.4.1.2 (5))

$\Delta c_{dur,y}$  on lisävarmuustermi, (EC2. 4.4.1.2 (6))

$\Delta c_{dur,st}$  on betonipeitteen vähimmäisarvon pienennys ruostumattoman teräksen käytön takia, (EC2 4.4.1.2 (7))

$\Delta c_{dur,add}$  on betonipeitteen vähimmäisarvon pienennys lisäsuojauksen takia, (EC2 4.4.1.2 (8))

Ympäristöolosuhteista johtuva betonipeitteen vähimmäisarvovaatimus $c_{min,dur}$ (mm)								
Kriteeri	Rasitusluokka taulukon 4.1 mukaan							
	X0	XC1	XC2 XC3	XC4	XD1	XS1	XD2	XD3 XS2,3
Betoniteräs	10	10	20	25	30	30	35	40
Jänneteräs	10	20	30	35	40	40	45	50
100 vuoden suunniteltu käyttöikä <sup>1)</sup>	+0	+0	+5	+5	+5	+5	+5	+5
Lujuusluokka $\geq$	C20/25	C30/37	C35/45	C35/45	C35/45	C40/50	C35/45	C45/55
	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5
RakMK B4 1-rakenneluokka	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5	-5

KUVIO 11. Betonipeitteen vähimmäisarvot (SFS-EN1992-1-1 NA Taulukko 4.3N)

## 10 RAUDOITUKSEN ANKKUROIINTI

Ankkurointi lasketaan RIL212/By61 ohjeen mukaan tai lasketaan EN 1992-1-1 kaavalla:

$$l_{bd} = \alpha_1 * \alpha_2 * \alpha_3 * \alpha_4 * \alpha_5 * l_{b,rqd} \geq l_{b,min}$$

Kertoimien arvot saadaan EN 1992-1-1 taulukosta 8.2 ja kuvista 8.1 - 8.4

Taulukko 8.2 Kertoimien  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$ ,  $\alpha_4$  ja  $\alpha_5$  arvot

Vaikuttava tekijä	Ankkurointityyppi	Betoniteräs	
		vetoteräs	puristusteräs
Tankojen muoto	Suora	$\alpha_1 = 1,0$	$\alpha_1 = 1,0$
	Muu kuin suora (ks. kuvia 8.1 (b), (c) ja (d))	$\alpha_1 = 0,7$ jos $c_d > 3\phi$ muuten $\alpha_1 = 1,0$ (mitan $c_d$ arvot ovat kuvassa 8.3)	$\alpha_1 = 1,0$
Betonipeite	Suora	$\alpha_2 = 1 - 0,15 (c_d - \phi)/\phi$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_2 = 1,0$
	Muu kuin suora (ks. kuvia 8.1 (b), (c) ja (d))	$\alpha_2 = 1 - 0,15 (c_d - 3\phi)/\phi$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$ (mitan $c_d$ arvot ovat kuvassa 8.3)	$\alpha_2 = 1,0$
Poikittainen laajenemisen estoraidoitus, jota ei ole hitsattu pääraudoitukseen	Kaikki tyypit	$\alpha_3 = 1 - K\lambda$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	$\alpha_3 = 1,0$
Poikittainen hitsattu laajenemisen estoraidoitus*	Kaikki tyypit; sijainti ja koko kuvassa 8.1 (e) määritellyllä tavalla	$\alpha_4 = 0,7$	$\alpha_4 = 0,7$
Laajenemista estävä poikittaispaine	Kaikki tyypit	$\alpha_5 = 1 - 0,04p$ $\geq 0,7$ $\leq 1,0$	–

missä

$\lambda = (\Sigma A_{st} - \Sigma A_{st,min})/A_s$

$\Sigma A_{st}$  poikittaisraudoituksen poikkileikkausala pitkin mitoitusarvon mukaista ankkurointipituutta  $l_{bd}$

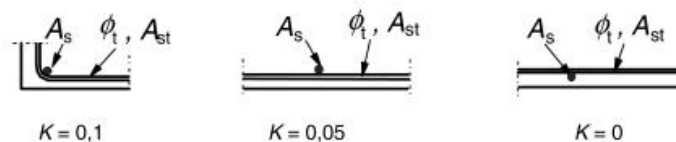
$\Sigma A_{st,min}$  poikittaisraudoituksen poikkileikkausalan vähimmäisarvo  
= 0,25  $A_s$  palkeilla ja 0 laatoilla

$A_s$  yksittäisen halkaisijaltaan suurimman ankkuroidun tangon poikkileikkausala

$K$  kuvan 8.4 arvot

$p$  poikittaispaine [MPa] murtorajatilassa pitkin mitoitusarvon mukaista ankkurointipituutta  $l_{bd}$ .

\* Ks. myös kohtaa 8.6: Väliämillä tuilla ankkurointipituuden mitoitusarvona  $l_{bd}$  voidaan käyttää pienempää arvoa kuin  $l_{b,min}$  mikäli tuen kohdalla on vähintään yksi hitsattu poikittaislanka. Tämän edellytetään olevan vähintään 15 mm tuen ulkopinnalta.

Kuva 8.4 Kertoimen  $K$  arvot palkeille ja laatoille

KUVIO 12. Eurokoodin kertoimia ankkuroinnin laskentaan

Palkin reunatuelle tuodaan vähintään 25% kenttäraudoituksesta (SFS-EN 1992-1-1 NA 9.2.1.4)

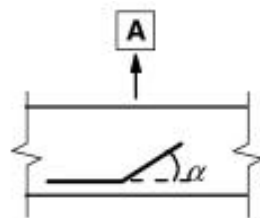
Vapaasti tuetussa laatasta tuelle tuodaan vähintään puolet laskennallisesta kenttäraudoituksesta (SFS-EN 1992-1-1 9.3.1.2)

## 10.1 Raudoituksen ankkurointi- ja jatkospituus

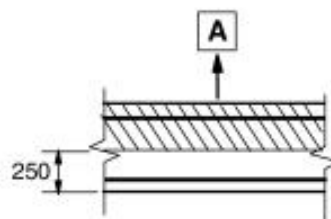
Harjateräksen ankkurointipituuden mitoitusarvon  $l_{bd}$  laskenta suoritetaan taulukon 4 mukaan, käyttämällä kuvion 12 mukaisia tartuntatiloja. Ankkurointi- ja jatkospituuksien laskentaan on julkaistu SKOL B17 Excel-laskentapohja.

TAULUKKO 4. Harjateräksen ankkurointipituuden mitoitusarvo  $l_{bd} / \phi$  RIL202/By61 ohjeen mukaan (\* julkaisussa virheellinen arvo, julkaisussa on sama arvo molemmissa tartuntatiloissa, tartuntatilan II arvo tarkastettava)

Betonin lujuusluokka	Tartuntatila I	Tartuntatila II
C30/37	36	53
C35/45	32	32*

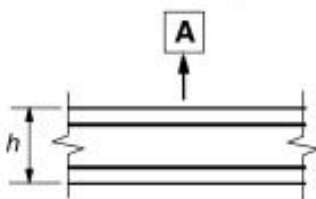


a)  $45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$



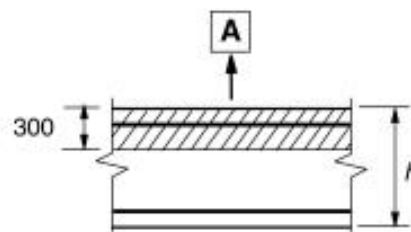
c)  $h > 250 \text{ mm}$

**A** Betonointisuunta



b)  $h \leq 250 \text{ mm}$

a) & b) 'hyvät' tartuntaolosuhteet  
kaikissa tangoissa



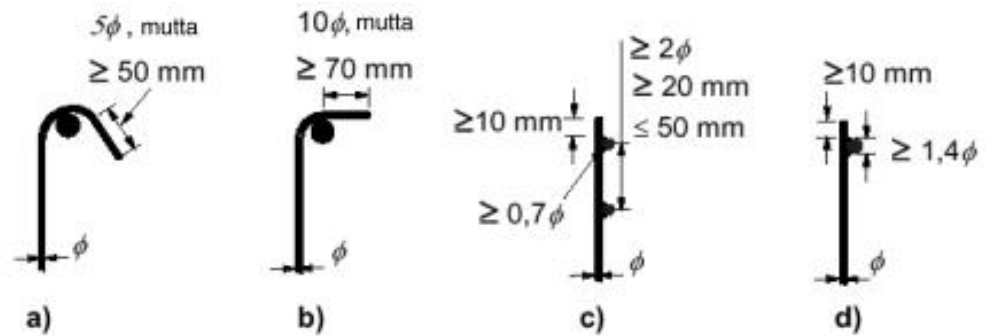
d)  $h > 600 \text{ mm}$

c) & d) vinoviivoittamaton vyöhyke – 'hyvät' tartuntaolosuhteet  
vinoviivoitettu vyöhyke – 'huonot' tartuntaolosuhteet

KUVIO 13. Raudoituksen tartuntaolosuhteet

## 10.2 Hakojen ankkurointi

Hakojen ankkurointi toteutetaan taivutusten/koukkujen tai hitsatun poikittaisraudoituksen avulla.



HUOM. Tapauksissa c) ja d) betonipeitteeksi edellytetään vähintään  $3\phi$  tai 50 mm.

KUVIO 14. Hakojen ankkurointimittoja

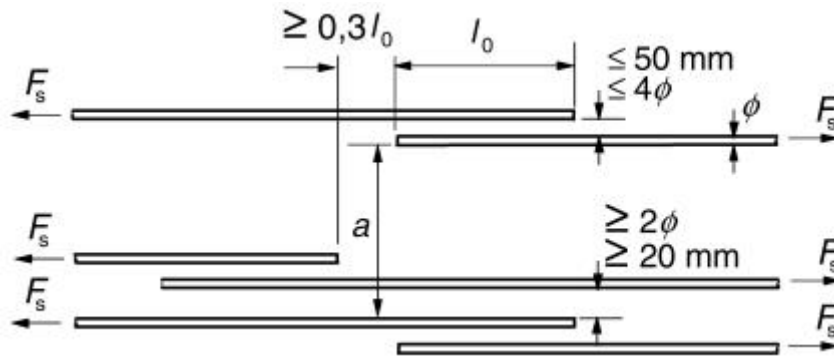
## 10.3 Jatkospituus

Jatkospituus lasketaan ankkurointipituudesta.

$$l_0 \geq 1,5 \cdot l_{b,rdq}; l_{b,rdq} \text{ lasketaan taulukosta 4}$$

## 10.4 Limijatkokset

Limitettyjen tankojen vapaa väli saa olla enintään  $4 \cdot \phi$  tai 50 mm, muuten jatkospituutta suurennetaan vapaan välin verran silloin, kun se ylittää mitan  $4 \cdot \phi$  tai 50 mm. Kahden vierekkäisen limijatkoksen välinen pituussuuntainen etäisyyden on oltava vähintään 0,3 kertaa jatkospituus  $l_0$ . Vierekkäisten limijatkosten tapauksessa vierekkäisten tankojen vapaa väli on oltava vähintään  $2 \cdot \phi$  tai 20 mm.



KUVIO 15. Limijatkosten sijoittelu (SFS-EN 1991-1-1 Kuva 8.7)

## 11 RASITUSLUOKKIEN VAATIMUKSET BETONILLE

Eri rasitusluokat asettavat erilaisia vaatimuksia käytettävälle betonille. Standardissa SFS-EN 206-1 on esitetty vaatimukset vesi/sementti-suhteelle, vähimmäislujuusluokalle, vähimmäissementtimäärälle ja vähimmäisilmamäärälle. Vaatimukset esitetään kuviossa 16.



mitoitusta. Eurocode Service Oy ja Insinööritoimisto Laaturakenne Oy myyvät teräs-betonipalkin mitoittamiseen tehtyjä ohjelmia, ohjelmista puuttuu palomitoitus.

## 12.1 Vetorautoitus

Vetorautoitus lasketaan palkille ja laatalle samalla tavalla

Pääraudoituksen vähimmäisala  $A_{s,min}$

$$A_{s,min} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b_t * d, \text{ mutta vähintään } 0,0013 * b_t * d$$

$b_t$  on vetopuolen keskimääräinen leveys

Pääraudoituksen laskenta:

$$\mu = M_d / (b * d^2 * f_{cd})$$

$$\beta = 1 - \sqrt{1 - 2\mu}$$

$$A_s \geq \beta * d * b * (f_{cd} / f_{yd})$$

Eurokoodeissa enimmäisraudoitusta ei rajoiteta raja-arvoilla  $\mu \leq 0,358$  ja  $\beta \leq 0,467$ , kun teräs on A500HW

By 60 mukainen laskentatapa:

$$\mu = M_d / (b * d^2 * f_{cd})$$

$$z = d/2 * [1 + \sqrt{1 - 2\mu}]$$

$$A_s = M_d / (f_{yd} * z)$$

Eurokoodimitoituksessa ohjeessa by 60, haluttaessa vetomurtuminen, rajoitetaan arvo  $\beta \leq \beta_b$ , jossa  $\beta_b = (\lambda * \epsilon_{cu}) / (\epsilon_{cu} + \epsilon_{s1})$ ;  $\lambda = 0,8$ ;  $\epsilon_{cu} = 0,35\%$ ;  $\epsilon_{s1} = f_{sk}/E_s$ ;  $E_s$  on betoniteräksen kimmokertoimen mitoitusarvo

RIL 202/by 61 mukainen laskentatapa:

$$A_s = M_{Ed} / (0,9 * d * f_{yd})$$

RIL 202/by 61 esitetään enimmäisraudoituksen rajaksi  $A_s \leq 0,2 * b * d * (f_{cd}/f_{yd})$

RIL 202/by 61 mukainen laskentatapa pelkälle taivutukselle, jos  $A_s \leq 0,2 * b * d * (f_{cd}/f_{yd})$ :

$$A_s = M_{Ed} / (0,8 * d * f_{yd})$$

Tässä laskentatavassa  $A_s \leq 0,4 * b * d * (f_{cd}/f_{yd})$

Laattarakenteen tankoväli:

Laattarakenteessa tankoväli  $S_{max,slabs}$  saa olla enintään(SFS-EN 1992-1-1 9.3.1.1):

Pääraudoituksessa  $3 * h \leq 400 \text{ mm}$  (h on laatan korkeus)

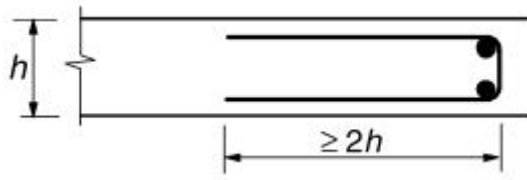
Jakoraudoituksessa  $4 * h \leq 600 \text{ mm}$

Pistekuormien tai maksimimomentin alueilla:

Pääraudoituksessa  $2 * h \leq 250 \text{ mm}$  (h on laatan korkeus)

Jakoraudoituksessa  $3 * h \leq 400 \text{ mm}$





KUVIO 17. Raudoitus laatan vapailla reunoilla

## 12.2 Leikkausraudoitus

Betonin leikkauskapasiteetin laskenta (EN 1992-1-1 6.2a):

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_l * f_{ck})^{1/3} + k_1 * \sigma_{cp}] * b_w * d$$

$$k = 1 + \sqrt{200/d} \leq 2,0 \text{ (d millimetreinä)}$$

$$\rho_l = A_{ls} / (b_w * d) \leq 0,02$$

$$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c < 0,2 * f_{cd}$$

$N_{Ed}$  = kuormituksesta aiheutuva normaalivoima

$$C_{Rd,c} = 0,18 * \gamma_c$$

$$k_1 = 0,15$$

Leikkauskestävyys on pienempi kaavoista:

$$V_{Rd,s} = (A_{sw} / s) * z * f_{ywd} * \cot \theta$$

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} * b_w * z * v_1 / (\cot \theta + \tan \theta)$$

$A_{sw}$  on leikkausraudoituksen poikkileikkausala

$s$  on hakojen jakoväli

$f_{ywd}$  on leikkausraudoituksen myötölujuuden mitoitusarvo

$v_1$  on leikkausvoiman vaikutuksesta halkeilleen betonin lujuuden pienennyskerroin  $v = 0,6 * [1 - (f_{ck} / 250)]$

$\theta$  on betonin puristussauvojen ja leikkausvoimaa vastaan kohtisuorassa olevan rakennusosan akselin välinen kulma,  
 $1,0 \leq \cot \theta \leq 2,5$  ( $\theta = 45^\circ \dots 21,8^\circ$ )

$z = 0,9 * d$ , kun rakenneosassa ei ole normaalivoimaa

Leikkausvoimasta pääraudoitukseen aiheutuva lisävetovoima lasketaan kaavalla:

$$\Delta F_{td} = 0,5 * V_{Ed} * (\cot \theta * \cot \alpha)$$

$\alpha$  on leikkausraudoituksen ja leikkausvoimaa vastaan kohtisuorassa olevan rakenneosan akselin välinen kulma

Vetovoima rajataan kaavalla:

$$(M_{Ed}/z) + \Delta F_{td} \leq M_{Ed,max}/z$$

Lisävaakavoima voi aiheuttaa sen, että koko vetoraudoitus on ankkuroitava tuelle.

Arvon  $\cot \theta$  valinnasta on useita erilaisia ohjeita ja näkemyksiä.

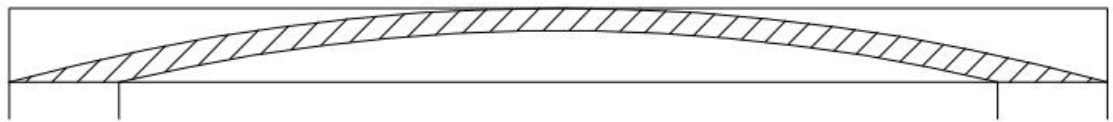
Arvon  $\cot \theta$  valinnalla vaikutetaan siihen, kuinka suuri osa leikkausvoimasta otetaan leikkausraudoitukselle, ja kuinka suuri osa pääraudoituksen lisävetovoimaksi.

$\text{Cot } \theta = 2,5 \Rightarrow$  betonin puristuskestävyys on pieni, leikkausraudoitusta tarvitaan vähän ja pääraudoitukselle tulee suuri lisävaakavoima joka on tarvittaessa ankkuroitava tuelle.

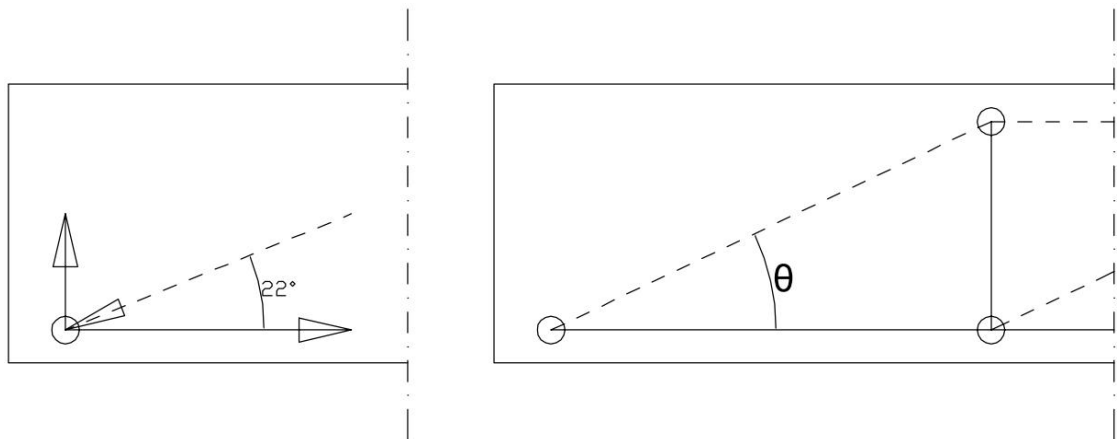
$\text{Cot } \theta = 1,0 \Rightarrow$  betonin puristuskestävyys on suuri, leikkausraudoitusta tarvitaan paljon ja pääraudoitukselle tulee pieni lisävaakavoima.

Ristikkomalliteorian mukaan kulmaksi  $\theta$  valitaan palkin puristussauvojen suunta, joka riippuu palkin pituuden ja korkeuden suhteesta, ja täten arvo  $\text{Cot } \theta$  tulee puristussauvojen todellisesta suunnasta.

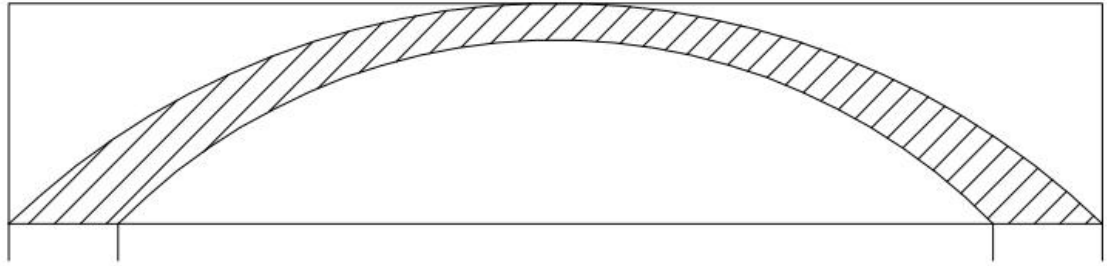
Erikorkuisten palkkien puristusvyöhykkeet:



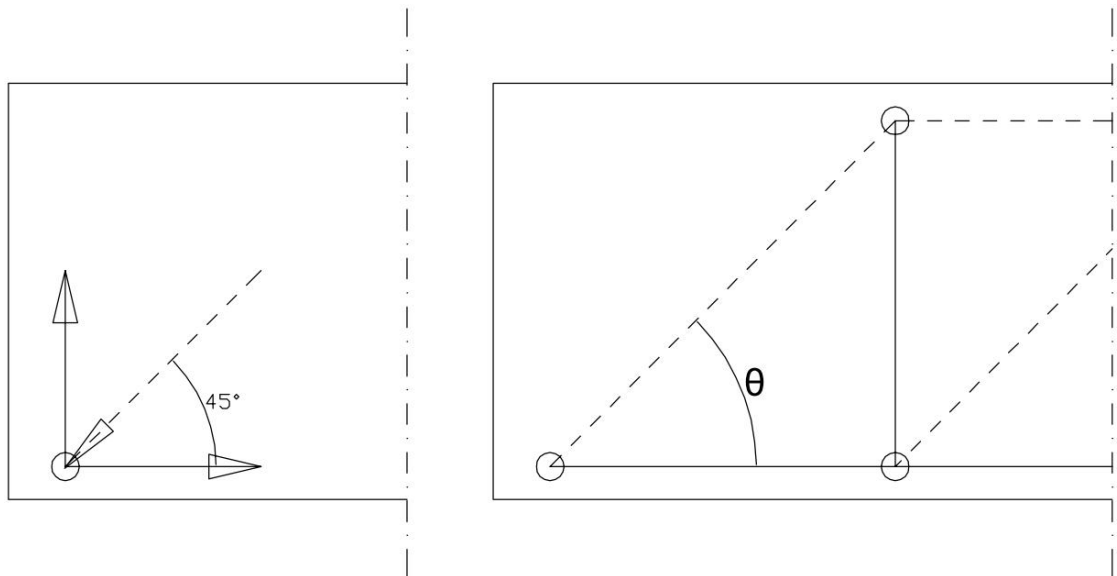
KUVIO 18. Puristusvyöhykkeen muoto matalassa rakenteessa



KUVIO 19. Voimien jakautuminen ja ristikkomalli, kun puristussauvan  $\text{Cot } \theta = 2,5$



KUVIO 20. Puristusvyöhykkeen muoto korkeassa rakenteessa



KUVIO 21. Voimien jakautuminen ja ristikkomalli, kun puristussauvan  $\text{Cot } \theta = 1,0$

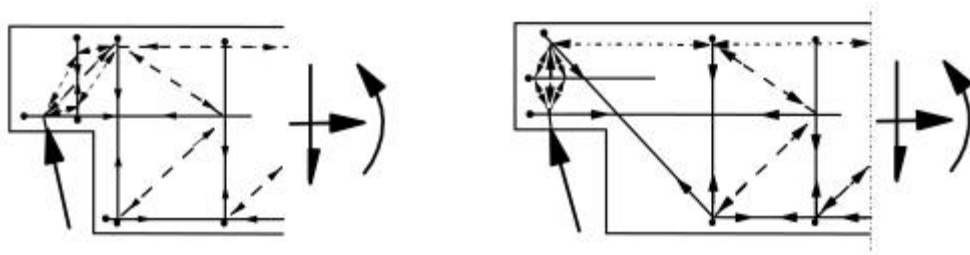
Rakennustuoteteollisuus RTT ry:n ohjeessa puristussauvojen kulma riippuu leikkausvoiman suuruudesta. Ohjeessa lasketaan ensin puristussauvan kestävyys arvolla  $\text{Cot } \theta = 2,5$  ja jos se ei ole vähintään leikkausvoiman suuruinen, verrataan betonin jännitystä arvolla  $\text{Cot } \theta = 1,0$ . Ohje ei huomioi leikkausvoimasta syntyvää lisävaakavoimaa.

### 12.3 Jakorautoitus

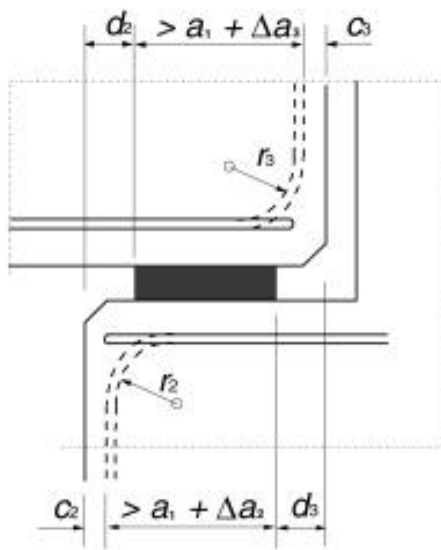
Yhteen suuntaan kantavassa laatasta on oltava jakorautoitus, joka on vähintään 20 % pääraudoituksesta.

## 12.4 Palkkien päiden loviliitokset

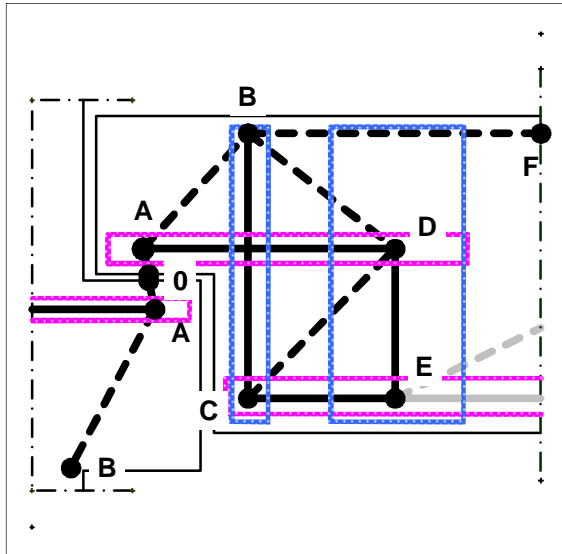
SFS-EN 1991-1-1 10.9.4.6 esitetään kaksi eri ristikkomallilla laskettavaa raudoitusvaihtoehtoa palkin pään loviliitokselle.



KUVIO 22. Palkin pään loviliitosten raudoitusten viitteelliset mallit (SFS-EN 1991-1-1 Kuva 10.4)



KUVIO 23. Palkin pään loviliitoksen raudoitus tuella (SFS-EN 1991-1-1 Kuva 10.5)



KUVIO 24. B13 laskentapohjassa käytettävä ristikkomenetelmä

Liitosten mitoittaminen esitetään standardissa SFS-EN 1991-1-1 luvuissa 10.9.4 ja 10.9.5.

Palkin pään tietokonelaskentaan on olemassa SKOL Eurocode laskentapohja: B13 Teräsbetoni konsoli ja lovipää.

## 12.5 Jännitysten rajoittaminen

Jännitykset lasketaan käyttörajatilassa. Jännityksiä laskettaessa poikkileikkaukset oletetaan yleensä halkeamattomiksi. Ulkonäöllisesti haitallinen halkeilu ja taipuminen katsotaan yleensä vältetyksi kun raudoituksen jännitys ominaisyhdistelmällä on enintään  $0,6 \cdot f_{yk}$  (SFS-EN 1991-1-1 NA 7.2).

RIL 202/by61 mukaan raudoituksen jännitys lasketaan vetoterästen laskentatavasta riippuen toisella seuraavista kaavoista:

$$\sigma_s = M_{Ed} / (0,9 \cdot A_s \cdot d)$$

$$\sigma_s = M_{Ed} / (0,85 \cdot A_s \cdot d)$$

## 12.6 Halkeilu

Halkeilu lasketaan käyttörajatilassa. Halkeamaleveyden raja-arvo  $w_{\max}$  määritetään EC2 kansallisissa määräyksissä taulukossa 7.1N (FI)

Rasitus- luokka	Teräsbetonirakenteet ja tartunnattomat ankkurijännerrakenteet	Tartuntajännerrakenteet ja injek- toidut ankkurijännerrakenteet
	Pitkäaikainen kuormayhdistelmä	Tavallinen kuormayhdistelmä
X0, XC1	0,4 <sup>1</sup>	0,2
XC2, XC3, XC4 XD1, XS1	0,3	0,2 <sup>2</sup>
XD2, XD3 XS2, XS3,	0,2	Vetojännityksetön tila
<p>HUOM. 1 Rasitusluokkien X0 ja XC1 yhteydessä halkeamaleveydellä ei ole vaikutusta säilyvyyteen, ja tämä raja on asetettu kelvollisen ulkonäön takaamiseksi. Jos ulkonäköehtoja ei aseteta, tätä rajaa voidaan välttää.</p> <p>HUOM. 2 Näiden rasitusluokkien yhteydessä tarkistetaan myös, ettei vetojännitystä esiinny kuormien pitkäaikaisen yhdistelmän vallitessa.</p>		

KUVIO 25. Halkeamaleveydet (SFS-EN 1992-1-1-NA Taulukko 7.1N)

Standardin SFS-EN 1992-1-1, kohdan 7.3.3, mukaan halkeamaleveyttä ei tarvitse erikseen rajoittaa enintään 200 mm paksuissa laatoissa, jos laattaan kohdistuu vain taivutusta ilman vetävää normaalivoimaa. Halkeamaleveyden laskeminen on käytännössä tehtävä siihen soveltuvalla tietokoneohjelmalla, jotenka sitä ei esitetä tässä.

## 12.7 Taipuma

Taipumat lasketaan käyttörajatilassa. Taipumia laskettaessa poikkileikkaukset oletetaan yleensä halkeamattomiksi. Eurokoodi ei anna selkeää rajaa taipumalle eikä kuormitusyhdistelmälle jolla taipuma lasketaan. Taipuman rajana käytetään yleisesti  $L/250$ . Taipumaa ei yleensä tarvitse laskea jos jännemitan ja tehollisen korkeuden suhde on SFS-EN 1992 kaavoilla 7.16a ja 7.16b lasketussa rajassa.

$$\frac{l}{d} = K \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho} + 3,2 \sqrt{f_{ck}} \left( \frac{\rho_0}{\rho} - 1 \right)^{3/2} \right] \quad \text{jos } \rho \leq \rho_0$$

$$\frac{l}{d} = K \left[ 11 + 1,5 \sqrt{f_{ck}} \frac{\rho_0}{\rho - \rho'} + \frac{1}{12} \sqrt{f_{ck}} \sqrt{\frac{\rho'}{\rho_0}} \right] \quad \text{jos } \rho > \rho_0$$

KUVIO 26. SFS-EN 1992-1-1 kaavat 7.16a ja 7.16b

$l/d$  on jännemitan ja tehollisen korkeuden rajasuhde

Kerroin  $K$  on 0,8 vapaasti tuetulla palkilla ja laatalla (SFS-EN 1992-1-1 NA)

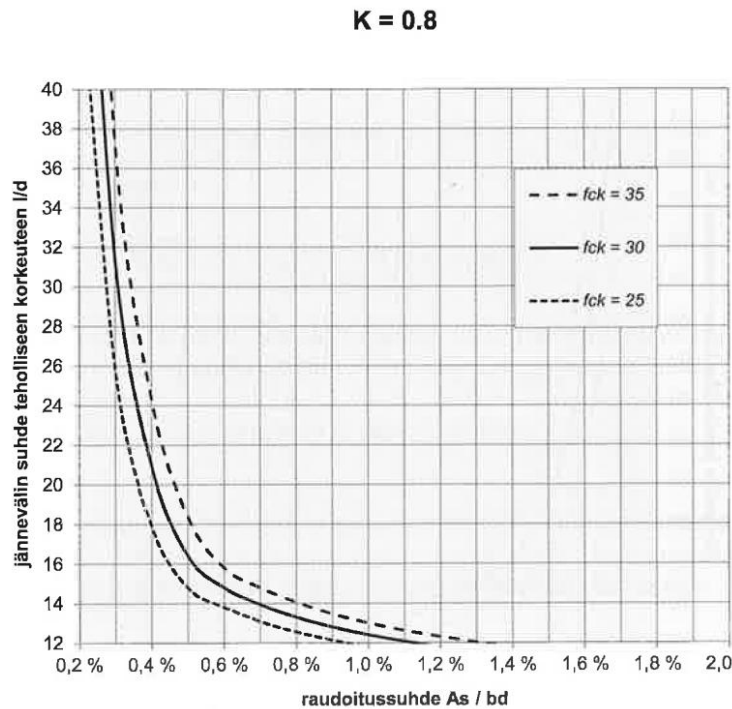
$\rho_0$  on raudoitussuhteen vertailuarvo  $10^{-3} \sqrt{f_{ck}}$

$\rho$  on mitoituskuormista laskettu vetoraudoitussuhde

$\rho'$  on mitoituskuormista laskettu puristusraudoitussuhde

RIL 202/by61 kuvassa 7.4.1Sa on laskettu jännemitan ja tehollisen korkeuden suhteen raja-arvot kolmelle eri betonin lujuudelle.





KUVIO 27. Jännemitan ja tehollisen korkeuden rajasuhde RIL 202/by61 mukaan

Taipuman laskeminen on käytännössä tehtävä siihen soveltuvalla tietokoneohjelmalla, jotenka sitä ei esitetä tässä.

Halkeilun ja taipuman laskemiseen eurokoodeilla on olemassa mitoitusohjelma, by 1030. by 1030 on Matchcad pohjainen mitoitusohjelma. Sillä voidaan laskea myös betonin kutistuma ja viruma, raudoituksen ankkurointi ja jännityshäviöt.

## 13 NOSTOLENKIT JA – ANKKURIT

Nostoelinten mitoitus ja valinta on esitetty kattavasti Betoniteollisuus ry:n julkaisemassa Betonielementtien nostolenkit ja – ankkurit kirjassa.

## 14 PORTAAN MITAT

Portaiden toiminnallisuutta koskevat geometriset ominaisuudet määräytyvät kansallisten määräysten mukaan. Määräykset on esitetty Suomen rakentamismääräyskoelman osassa F2.

Betonielementtiportaon vähimmäismitat on esitetty standardissa SFS-EN 14843.

Mitta	Vähimmäisarvo
Askelman tai tasanteen paksuus	45
Seinän paksuus	80
Kaiteen paksuus	60
Onteloelementin seinämän paksuus	45
Pilarin vaakamitta	120

KUVIO 27. Porraselementin vähimmäismitat (SFS-EN 14843 Taulukko 2)

## 15 PALOMITOITUS

### 15.1 Yleistä

Standardissa SFS-EN1991-1-2 ja sen kansallisissa lisämääräyksissä määrätään käyttämään kansallisia palosäädöksiä palonkeston valinnassa. Paloluokat valitaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta E1, luvusta 10.5.

Palonkesto määritellään taulukko- tai mitoitusmenetelmällä.

Taulukkomitoituksessa määritellään minimimitat sekä pääraudoituksen keskiöetäisyys paloluokan mukaan. Mitoitusmenetelmässä lasketaan palonkesto joko yksinkertaisella tai kehittyneillä menetelmillä. Eurokoodeissa esitetään joitain yksinkertaistettuja mitoitusmenetelmiä. Kehittyneitä menetelmiä voi käyttää, mutta niiden laskentamenetelmien tarkkuus on todennettava kokeilla (SFS-EN 1991-1-2 4.3.4).

Palonkestävyys osoitetaan yksinkertaistetuissa mitoitusmenetelmissä käyttämällä tarkastelusuurena lujuutta (SFS-EN1991-1-2 2.5).

$$R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t}$$

$R_{fi,d,t}$  on rakenneosan kestävyys mitoitusarvo palotilanteessa hetkellä  $t$

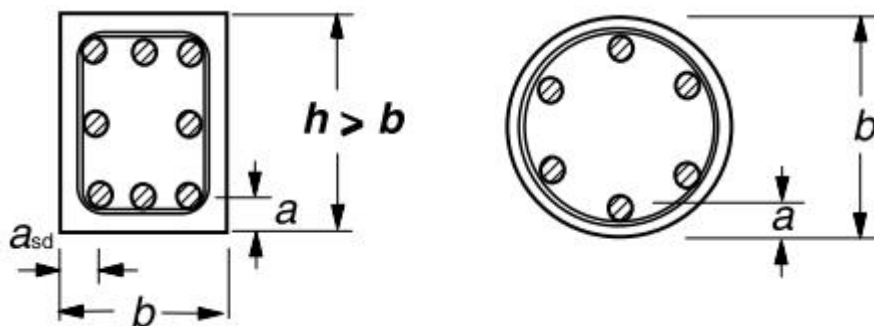
$E_{fi,d,t}$  on asianomaisen kuormanvaikutuksen mitoitusarvo palotilanteessa hetkellä  $t$

Rakennustuoteteollisuus RTT ry:n laatiman, tätä kirjoittaessa lausuntokierroksella olevan, standardiehdotuksen mukaan portaalle ilmoitetaan CE-merkintää varten: palonkestävyys R(kantavuus), palotilanteen kuormien pienennyskerroin  $\eta$  (suositusarvo on 0,7) ja käytetyn eurokoodin kansallinen liite. Tätä kirjoittaessa käytössä on liite 8 vuodelta 2007.

Palomitoitus voi perustua myös polttokokeiden tuloksiin tai polttokokeiden ja laskelmien yhteiskäyttöön. Kokeellisesta mitoituksesta säädetään standardissa EN 1990 luvussa 5 ja liitteessä D. Kokeellisella mitoituksella on saavutettava kyseisessä mitoitustilanteessa vaadittava luotettavuustaso. Koetulosten rajallisesta määrästä johtuva epävarmuus pitää ottaa huomioon.

## 15.2 Paloluokan mukaiset betonipeitteet

Eurokoodin mukaisessa palomitoituksessa käytetään vetoterästen keskiöetäisyyttä  $a$  sekä taulukkomitoituksessa että yksinkertaistetuissa laskentamenetelmissä.



KUVIO 29. Keskiöetäisyyden  $a$  määrittäminen

### 15.2.1 Laatat

Laattojen palomitoitus voidaan tehdä taulukkomitoituksena, käyttämällä kuviossa 30 esitettyjä vähimmäismittoja.

Standardipalonkestävyys	Vähimmäismitat (mm)			
	laatan paksuus $h_s$ (mm)	keskiöetäisyys $a$		
		yhteen suuntaan kantava	ristiin kantava	
			$l_y/l_x \leq 1,5$	$1,5 < l_y/l_x \leq 2$
1	2	3	4	5
REI 30	60	10*	10*	10*
REI 60	80	20	10*	15*
REI 90	100	30	15*	20
REI 120	120	40	20	25
REI 180	150	55	30	40
REI 240	175	65	40	50

$l_x$  ja  $l_y$  ovat ristiin kantavan laatan jänne- ja poikkijännemitat (kaksi toisiaan vastaan kohtisuoraa suuntaa) missä  $l_y$  on pitempi jännemitta.

Jännebetonipalkeissa otetaan huomioon keskiöetäisyyden suurentaminen kohdan 5.2. (5) mukaisesti.

Sarakkeiden 4 ja 5 mukainen keskiöetäisyys  $a$  ristiin kantavissa laatoissa koskee kaikilta neljältä reunalta tuettuja laattoja. Muita laattoja käsitellään yhteen suuntaan kantavina laattoina.

\* Tavallisesti standardin EN 1992-1-1 edellyttämä raudituksen betonipeite on määräävä.

KUVIO 30. vapaasti tuetun laatan taulukkomitoitus (SFS-EN 1992-1-2 Taulukko 5.8)

### 15.2.2 Palkit

Palkit mitoitetaan taulukkomitoituksella tai laskemalla. Taulukkomitoitus on esitetty standardissa SFS-EN 1992-1-2 ja yksinkertaistetut laskentamenetelmät sen liitteissä. Suomen kansallisessa määräyksessä sallitaan liitteiden B ja E käyttö. Liitteiden laskentamenetelmässä poikkileikkauksen vähimmäisleveys on paloluokassa R60 90 mm, joten se ei sovellu kaiken hoikimmille sivupalkkiportaille.

Standardipalon- kestävyys	Vähimmäismitat (mm)						
	Keskimääräisen keskiöetäisyyden $a$ ja palkin leveyden $b_{min}$ mahdolliset yhdistelmät				Uuman paksuus $b_w$		
					Luokka WA	Luokka WB	Luokka WC
1	2	3	4	5	6	7	8
R 30	$b_{min} = 80$ $a = 25$	120 20	160 15*	200 15*	80	80	80
R 60	$b_{min} = 120$ $a = 40$	160 35	200 30	300 25	100	80	100
R 90	$b_{min} = 150$ $a = 55$	200 45	300 40	400 35	110	100	100
R 120	$b_{min} = 200$ $a = 65$	240 60	300 55	500 50	130	120	120
R 180	$b_{min} = 240$ $a = 80$	300 70	400 65	600 60	150	150	140
R 240	$b_{min} = 280$ $a = 90$	350 80	500 75	700 70	170	170	160
$a_{95} = a + 10$ mm (ks. alla olevaa huomautusta)							
<p>Jännebetonipalkeissa otetaan huomioon keskiöetäisyyden suurentaminen kohdan 5.2. (5) mukaisesti.</p> <p><math>a_{95}</math> on nurkkatankojen (tai -jälteen tai -langan) keskiöetäisyys palkin sivuilta, kun rauditus on yhdessä kerroksessa. Palkin leveyden <math>b_{min}</math> ollessa sarakkeen 4 mukaista arvoa suurempi ei keskiöetäisyyttä <math>a_{95}</math> tarvitse suurentaa.</p> <p>* Tavallisesti standardin EN 1992-1-1 edellyttämä raudituksen betonipeite on määräävä.</p>							

KUVIO 31. Vapaasti tuetun palkin taulukkomitoitus (SFS-EN 1992-1-2 Taulukko 5.5)

## 16 KÄYTÄNNÖN ESIMERKKEJÄ

### 16.1 Yleistekstin päivitys

Valmistuspiirustuksissa olevat yleistekstit tulee muuttaa vastaamaan Eurokoodeja.

Esimerkkinä HB-UL umpilaattaportaan valmistuspiirustuksen yleistekstit.

SUUNNITTELUKÄYTTÖIKÄ:	50 VUOTTA
RASITUSLUOKKA:	XC1
PALOLUOKKA:	R60
BETONIPUITTEEN NIMELLISARVO:	20 MM
–SALLITTU MITTAPOIKKEAMA:	10 MM
KUORMITUS:	HYÖTYKUORMA 4,0 kN/m <sup>2</sup> PISTEKUORMA 2,0 kN
BETONI:	K40–2
–SUURIN RAEKOKO:	16 MM
TERÄS:	A500HW (T) S235JRG2 (S)
TERÄSTEN JATKOSPITUUS:	T8 400 mm T10 500 mm T12 600 mm
PINTAKÄSITTELY:	PUUHIERTO
VISTEET:	10 x 10
MUOTISTA PURKULUJUUS:	K25
NOSTOLUJUUS:	K25
NOSTO:	ELEMENTTI NOSTETAAN AINA NELJÄSTÄ NOSTOELIMESTÄ
ÄÄNENERISTYS:	ELEMENTTI VOIDAAN ASENTAA NEOPREENIKUMIEN VARAAN
MITTATARKKUUS:	BY47, LUOKKA N

SUUNNITTELUKÄYTTÖIKÄ:	50 VUOTTA
RASITUSLUOKKA:	XC1
PALOLUOKKA:	R60
BETONIPUITTEEN NIMELLISARVO:	15 MM
–SALLITTU MITTAPOIKKEAMA:	5 MM
KUORMITUS:	HYÖTYKUORMA 3,0 kN/m <sup>2</sup> PISTEKUORMA 2,0 kN
BETONI:	C30/37–2
–SUURIN RAEKOKO:	16 MM
TERÄS:	A500HW (T) S235JRG2 (S)
TERÄSTEN JATKOSPITUUS:	T8 450 mm T10 550 mm T12 650 mm
PINTAKÄSITTELY:	PUUHIERTO
VISTEET:	10 x 10
MUOTISTA PURKULUJUUS:	C20/25
NOSTOLUJUUS:	C20/25
NOSTO:	ELEMENTTI NOSTETAAN AINA NELJÄSTÄ NOSTOELIMESTÄ
ÄÄNENERISTYS:	ELEMENTTI VOIDAAN ASENTAA NEOPREENIKUMIEN VARAAN
MITTATARKKUUS:	SFS–EN 14843

KUVIO 32. Valmistuspiirustuksen yleistekstin päivitys

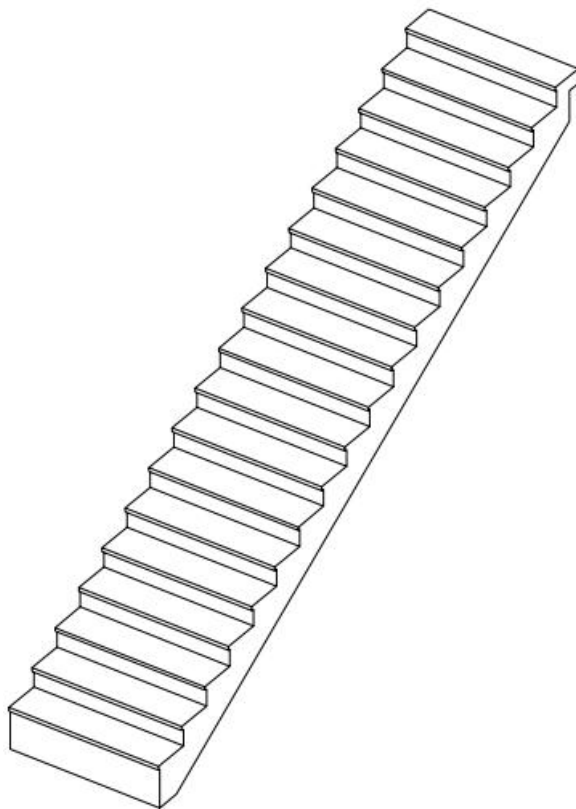
Betonipeitteen nimellisarvo ja sallittu mittapoikkeama on muutettu rasitus- ja paloluokan mukaiseksi. Rasitusluokasta XC1 seuraa 10mm minimi betonipeite. Porras-/betonielementtistandardista seuraa ±5mm mittapoikkeama. Paloluokassa R60 laatan pääteräksen keskiöetäisyyden on oltava vähintään 20mm, joka toteutuu kun rau-

doituksen betonipeite on 10mm ja pääteräksen ulkopuolella on 6mm teräs sekä pääteräs on min. 8mm ( $10 + 6 + 8/2 = 20$ ). Kuormat kattavat luokat A ja B (asuin- ja toimistotilat). Betoni on muutettu eurokoodien mukaiseen lujuusluokkaan. Terästen jatkospituudet on laskettu RIL212/By61 ohjeen mukaan. Mittatarkkuus on porrastandardissa tiukempi kuin BY 47:ssä.

## 16.2 Laskentaesimerkki

Vertailulaskennassa on 9- ja 18-nousuinen umpilaattaporras. Laskenta on suoritettu 1- ja 2-luokan rakenteena. Tuloksia on verrattu Ramboll:n käyttämään SKOL:n laskentapohjasta kehitetyn Excel laskennan tuloksiin.

Portaat on ensin mallinnettu. Portaiden paino on saatu mallista.



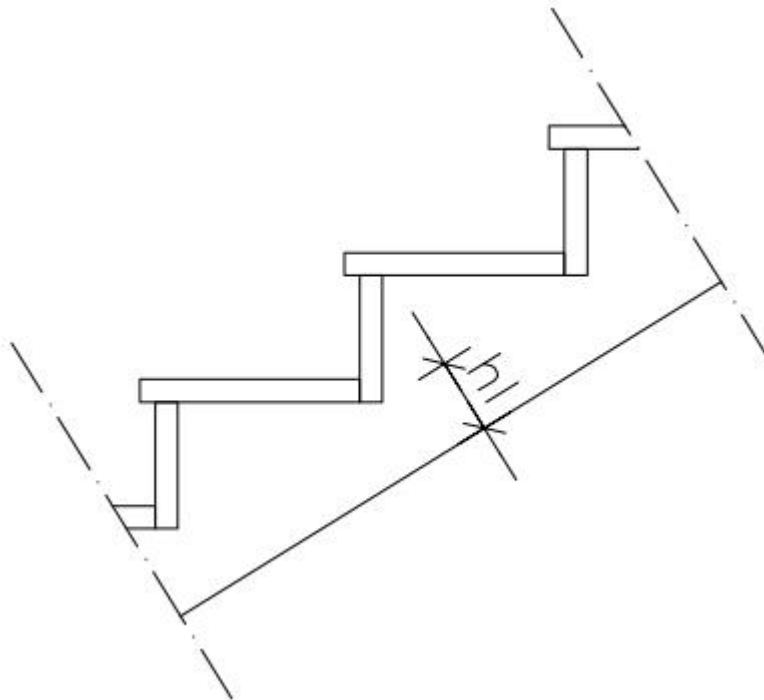
KUVIO 33. 18-nousuinen umpilaattaporras

Laskenta on tehty 1 metrin levyisenä 2- ja 1-luokan materiaaliosavarmuuskertoimilla. 1-luokan kertoimien käytössä on ollut SFS-EN 13369 C.3 mukainen pienennettyjen geometrysten parametrien mukainen menetelmä. Portaista on laskettu raudoitus, vetoterästen jännitys sekä taipumamitoituksen raja-arvot. Portaat on laskettu Excel-laskentapohjalla 2- ja 1-luokan rakenteena.

### 16.2.1 Umpilaattaporras 9-nousua

Pituus = 2410 mm

hl = 100 mm



KUVIO 34. Umpilaattaportaan tehollinen korkeus

$1780 \text{ kg} \Rightarrow 17,8 \text{ kN} \Rightarrow 7,3 \text{ kN/m} \Rightarrow 1 \text{ m}/1,2 \text{ m} * 7,3 \text{ kN/m} = 6,1 \text{ kN/m}$

$q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow 3,0 \text{ kN/m}$

R60  $\Rightarrow$  pääteräksen keskiöetäisyys min. 20 mm



XC1 => suojabetoni min. 10 mm

Sallittu mittapoikkeama  $\pm 5$  mm

Suojabetoni 15mm =>  $c_{nom} = 20$  mm

Laskenta 2-luokan rakenteena:

$$d = 100 - 20 - 6 - (8/2) = 70 \text{ mm}$$

$$p_k = 6,1 \text{ kN/m} + 3,0 \text{ kN/m} = 9,1 \text{ kN/m}$$

$$p_d = 1,15 * 6,1 \text{ kN/m} + 1,5 * 3,0 \text{ kN/m} = 11,6 \text{ kN/m}$$

$$M_k = (1/8) * 9,1 \text{ kN/m} * (2,41 \text{ m})^2 = 6,6 \text{ kNm}$$

$$M_d = (1/8) * 11,6 \text{ kN/m} * (2,41 \text{ m})^2 = 8,5 \text{ kNm}$$

$$C30/37-2 \Rightarrow f_{cd} = 17,0 \text{ N/mm}^2$$

$$A500HW \Rightarrow f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$$

Kokeillaan T8 + T6

Lasketaan pääteräkset 1000 mm leveänä palkkina

$$\mu = (8,5 * 10^6 \text{ Nmm}) / (17,0 \text{ N/mm}^2 * 1000 \text{ mm} * (70 \text{ mm})^2) = 0,102$$

$$\beta = \omega = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu} = 0,108$$

$$A_s(/1\text{m}) = 0,108 * (17,0/435) * 1000 * 70 = 295 \text{ mm}^2(/1\text{m})$$

$$1,2 * 295 \text{ mm}^2 = 354 \text{ mm}^2 \Rightarrow 8 \text{ T8 (402 mm}^2\text{)}$$

Minimiraudoitus:

$$A_{s,min} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} * b_t * d, \text{ mutta vähintään } 0,0013 * b_t * d$$

$$0,26 * 2,9/500 * 1000 * 70 = 106 \text{ mm}^2(/1\text{m}) \Rightarrow 127 \text{ mm}^2$$

$$0,0013 * 1000 * 70 = 91 \text{ mm}^2(/1\text{m}) \Rightarrow 110 \text{ mm}^2$$

Jakorauhoitus 20% pääraudoitteesta

$$A_{s,min} = 0,2 * 352 \text{ mm}^2 = 81 \text{ mm}^2$$

Laskenta SFS-EN 13369 Liite C.3 mukaan 1-luokan rakenteena:

$$h_l = 100 - 5 = 95$$

$$d = 95 - 20 - 6 - (8/2) = 65$$

leveys  $1200 - 15 = 1185 \Rightarrow$  lasketaan suoraan 1185 mm levyisenä

$$C30/37-2 \Rightarrow f_{cd} = 18,9 \text{ N/mm}^2$$

$$A500HW \Rightarrow f_{yd} = 454,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\mu = (8,5 * 10^6 \text{ Nmm}) / (18,9 \text{ N/mm}^2 * 1185 \text{ mm} * (65 \text{ mm})^2) = 0,09$$

$$\beta = \omega = 1 - \sqrt{1 - 2 * \mu} = 0,095$$

$$A_s = 0,095 * (18,9/454,5) * 1185 * 65 = 302 \text{ mm}^2 \Rightarrow 7 \text{ T8 (352 mm}^2\text{)}$$

Terästen jännitys:

Laskenta RIL202/by61 mukaan:

$$\sigma_s = M_{Ed} / (0,9 \cdot A_s \cdot d) ; \text{ raja-arvo } 0,6 \cdot f_{yk} = 0,6 \cdot 500 = 300 \text{ MPa}$$

$$\text{2-luokan rakenne: } \sigma_s = 6,6 \cdot 10^6 \text{ Nmm} / (0,9 \cdot 402 \text{ mm}^2 \cdot 70 \text{ mm}) = 260 \text{ MPa}$$

$$\text{1-luokan rakenne: } \sigma_s = 6,6 \cdot 10^6 \text{ Nmm} / (0,9 \cdot 352 \text{ mm}^2 \cdot 70 \text{ mm}) = 298 \text{ MPa}$$

Terästen jännitys on raja-arvoa pienempi molemmilla laskentatavoilla

Taipuma:

2-luokan rakenteena:

$$l/d = 2410 / 70 = 34,4$$

$$A_s / (b \cdot d) = 354 / (1200 \cdot 70) = 0,42 \%$$

Rajasuhde C30 betonilla RIL202/by61 n. 20 => ehto ei täyty

Laskettuna rajasuhde on 37 => ehto täyttyy

1-luokan rakenteena:

$$l/d = 2410 / 65 = 37,1$$

$$A_s / (b \cdot d) = 352 / (1185 \cdot 65) = 0,0046 = 0,46 \%$$

Rajasuhde C30 betonilla RIL202/by61 n. 17 => ehto ei täyty

Laskettuna rajasuhde on 18 => ehto ei täyty

## 16.2.2 Umpilaattaporras 18-nousua

Pituus = 4840 mm

hl = 210 mm

$$5440 \text{ kg} \Rightarrow 54,4 \text{ kN} \Rightarrow 11,3 \text{ kN/m} \Rightarrow 1 \text{ m}/1,2 \text{ m} * 11,3 \text{ kN/m} = 9,5 \text{ kN/m}$$

$$q_k = 3,0 \text{ kN/m}^2 \Rightarrow 3,0 \text{ kN/m}$$

R60  $\Rightarrow$  pääteräksen keskiöetäisyys min. 20 mm

XC1  $\Rightarrow$  suojabetoni min. 10 mm

Sallittu mittapoikkeama  $\pm 5$  mm

Suojabetoni 15 mm  $\Rightarrow c_{nom} = 20$

$$d = 210 - 20 - 6 - (10/2) = 179$$

$$p_k = 9,5 \text{ kN/m} + 3,0 \text{ kN/m} = 12,5 \text{ kN/m}$$

$$p_d = 1,15 * 9,5 \text{ kN/m} + 1,5 * 3,0 \text{ kN/m} = 15,5 \text{ kN/m}$$

$$M_k = (1/8) * 12,5 \text{ kN/m} * (4,84 \text{ m})^2 = 36,6 \text{ kNm}$$

$$M_d = (1/8) * 15,5 \text{ kN/m} * (4,84 \text{ m})^2 = 45,4 \text{ kNm}$$

$$C30/37-2 \Rightarrow f_{cd} = 17,0 \text{ N/mm}^2$$

$$A500HW \Rightarrow f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$$

Kokeillaan T10 + T6

Lasketaan pääteräokset 1000 leveänä palkkina

$$\mu = (45,4 * 10^6 \text{ Nmm}) / (17,0 \text{ N/mm}^2 * 1000 \text{ mm} * (179 \text{ mm})^2) = 0,084$$

$$\beta = \omega = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu} = 0,087$$

$$A_s(/1m) = 0,087 \cdot (17,0/435) \cdot 1000 \cdot 179 = 610 \text{ mm}^2(/1m)$$

$$1,2 \cdot 610 \text{ mm}^2 = 732 \text{ mm}^2 \Rightarrow 10 \text{ T10 (785 mm}^2)$$

Minimiraudoitus

$$A_{s,min} = 0,26 \cdot f_{ctm} / f_{yk} \cdot b_t \cdot d, \text{ mutta vähintään } 0,0013 \cdot b_t \cdot d$$

$$0,26 \cdot 2,9/500 \cdot 1200 \cdot 179 = 324 \text{ mm}^2$$

$$0,0013 \cdot 1200 \cdot 179 = 279,3 \text{ mm}^2$$

Jakoraudoitus 20 % pääraudoitteesta

$$A_{s,min} = 0,2 \cdot 785 \text{ mm}^2 = 157 \text{ mm}^2$$

Laskenta SFS-EN 13369 Liite C.3 mukaan 1-luokan rakenteena:

$$h_l = 210 - 7 = 203$$

$$d = 203 - 20 - 6 - (10/2) = 172$$

leveys 1200-15=1185  $\Rightarrow$  lasketaan suoraan 1185mm levyisenä

$$\mu = (45,4 \cdot 10^6 \text{ Nmm}) / (18,9 \text{ N/mm}^2 \cdot 1185 \text{ mm} \cdot (172 \text{ mm})^2) = 0,069$$

$$\beta = \omega = 1 - \sqrt{1 - 2 \cdot \mu} = 0,071$$

$$A_s = 0,071 \cdot (18,9/454,5) \cdot 1185 \cdot 172 = 603 \text{ mm}^2 \Rightarrow 8 \text{ T10 (628 mm}^2)$$

Terästen jännitys:

Laskenta RIL202/by61 mukaan:

$$\sigma_s = M_{Ed} / (0,9 \cdot A_s \cdot d) ; \text{ raja-arvo } 0,6 \cdot f_{yk} = 0,6 \cdot 500 = 300 \text{ MPa}$$

$$\text{2-luokan rakenne: } \sigma_s = 36,6 \cdot 10^6 \text{ Nmm} / (0,9 \cdot 785 \text{ mm}^2 \cdot 179 \text{ mm}) = 290 \text{ MPa}$$

$$\text{1-luokan rakenne: } \sigma_s = 36,6 \cdot 10^6 \text{ Nmm} / (0,9 \cdot 628 \text{ mm}^2 \cdot 172 \text{ mm}) = 377 \text{ MPa}$$

Terästen jännitys on raja-arvoa pienempi 2-luokan rakenteena, 1-luokan rakenteena pienennettyihin mittoihin perustuvalla laskennalla jännitys on liian suuri jos käytetään laskennasta saatua teräsmäärää.

Taipuma:

2-luokan rakenteena:

$$l/d = 4840 / 179 = 27$$

$$A_s / (b \cdot d) = 732 / (1200 \cdot 179) = 3,4 \%$$

Rajasuhde C30 betonilla RIL202/by61 n. 26 => ehto ei aivan täyty

Laskettuna rajasuhde on 98,9 => ehto täyttyy

1-luokan rakenteena(RIL/by):

$$l/d = 4840 / 172 = 28,2$$

$$A_s / (b \cdot d) = 628 / (1185 \cdot 172) = 0,0031 = 0,31 \% \Rightarrow \text{OK}$$

### 16.2.3 Vertailu Excel-taulukkolaskennan tuloksiin

Laskennat on tehty SKOL -laskentapohjasta kehitetyllä laskentapohjalla. Laskentapohjassa ei käytetä 1-luokan rakenteen laskussa toleranssien verran pienennettyjä mittoja.

9-nousuinen

2-luokan rakenteena:

Vetoraudoitus: 8 T8 => sama kuin käsilaskennassa

Halkeamaleveys: 0,092 mm; raja-arvo 0,4 mm

Taipuma: 5,22 mm; raja-arvo 9,6 mm(L/250)

1-luokan rakenteena:

Vetoraudoitus: 7 T8 => sama kuin käsilaskennassa

Halkeamaleveys: 0,105 mm; raja-arvo 0,4 mm

Taipuma: 5,42 mm; raja-arvo 9,6 mm(L/250)

18-nousuinen

2-luokan rakenteena:

Vetoraudoitus: 10 T10 => sama kuin käsilaskennassa

Halkeamaleveys: 0,099 mm; raja-arvo 0,4 mm

Taipuma: 8,28 mm; raja-arvo 19,4 mm(L/250)

1-luokan rakenteena:

Vetoraudoitus: 9 T10 => suurempi kuin käsilaskennassa

Halkeamaleveys: 0,110 mm; raja-arvo 0,4 mm

Taipuma: 8,58 mm; raja-arvo 19,4 mm(L/250)

## 16.2.4 Johtopäätökset laskennasta

Käsilaskenta ja tietokonelaskenta antavat samansuuntaiset tulokset. 18-nousuisessa portaassa, tietokonelaskenta antaa suuremmat teräsmäärät 1-luokan rakenteelle kuin käsilaskenta. 1-luokan rakenne ei tuonut lisäarvoa tietokonelaskennassa jos käytetään laskennassa saatuja teräsmääriä. Käsilaskennassa 1-luokan käytöstä oli hyötyä 18-nuosuisen portaan taipumatarkastelussa, koska rajasuhteen laskennassa käytetään yhtenä laskenta-arvona tarvittavasta raudoituksesta laskettua raudoitussuhdetta. Tietokonelaskennassa halkeamaleveydellä ja taipumalla ei ollut merkittävää eroa 1- ja 2-luokan välillä. 1-luokan rakenteen tekeminen on vaativampaa pienemmistä valmistustoleransseista johtuen. 1-luokan rakenteen valmistus vaatii työnjohdolta 1-luokan betonityönjohtajan pätevyyden. Suuremmalla puristuslujuudella olevan betonin käytöllä saadaan parannettua kestävyyttä sekä pienennettyä taipumaa ja halkeilua, mutta se vaatii työnjohdolta 1-luokan pätevyyden. Taipumatarkastelussa havaittiin RIL202/by61 taipumalaskennan rajasuhdekäyrästä olevan varmalla puolella.

## 17 JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tavoitteena oli selvittää CE-merkinnän ja eurokoodien vaatimukset betonisen tyyppielementtiportaan suunnittelulle. Rakennustuotteiden CE-merkintä tulee pakolliseksi 1.7.2013, jotenka porrasvalmistajien on haettava hyväksyntä portaille siihen mennessä. Opinnäytetyötä tehdessä suomessa ei ollut tarjolla CE-merkittyjä betoniportaita. Betoniportaiden CE-merkintään liittyviä suunnitteluohjeita ei ole julkaistu.

Eurokoodimitoituksessa on ongelmana riittävän kattavien suunnitteluohjeiden puute. Rakennusalan järjestöjen julkaisemat suunnitteluohjeet on tehty yksinkertaisille perusrakenteille, eikä niissä ole selvitetty kunnolla leikkausraudoituksen mitoitusta. Halkeama- ja taipumalaskentaan on eurokoodeissa esitetty yksinkertaistetut tarkastusmenetelmät, jotka eivät täysin sovellu porraselementtien mitoitukseen johtuen portaiden normaalista rakenteista poikkeavista mittasuhteista. Tietokonelaskentaan kehitetty laskentapohja osoittautui esimerkkilaskelmia vertaillen toimivaksi.



Palomitoituksessa taulukkomitoitus, ja yksinkertaistetut mitoitusmenetelmät, soveltuvat osaan porrastyypeistä. Osaan porrastyypeistä ei ole olemassa soveltuvia laskentamenetelmiä, jotenka vaihtoehtoina ovat elementin mittojen muuttaminen ja kokeellinen mitoitus. Tulevaisuudessa saatetaan julkaista palomitoitukseen tarkoitettuja tietokoneohjelmia, mutta opinnäytetyötä tehtäessä niitä ei ollut saatavana.

Opinnäytetyön aihe osoittautui haastavaksi ja ajankohtaiseksi. Tyypipiportailla tulee olla CE-merkintä 1.7.2013 ja portaiden suunnittelutyö on saatava valmiiksi huomattavasti aiemmin, jotta merkintä ehditään myöntää määräaikaan mennessä.

## LÄHTEET

SFS-EN 13369 Betonivalmiskosten yleiset säännöt

SFS-EN 14843 Betonituotteet. Portaarit

SFS-EN 1990 + A1 (+kansalliset parametrit) Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet

SFS-EN 1991-1-1 +AC (+kansalliset parametrit) Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-1: Yleiset kuormat, tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat

SFS-EN 1991-1-2 +AC (+kansalliset parametrit) Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-2: Palolle altistettujen rakenteiden rasitukset

SFS-EN 1991-7 (+kansalliset parametrit) Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-7: Yleiset kuorma. Onnettomuuskuormat

SFS-EN 1992-1-1 + AC (+kansalliset parametrit) Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt

SFS-EN 1992-1-2 (+kansalliset parametrit) Eurokoodi 2: Betonirakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleiset säännöt. Rakenteiden palomitoitus

SFS-EN 206-1 Betoni. Osa 1: Määrittely, ominaisuudet, valmistus ja vaatimustenmukaisuus

RIL 202-2011/by61 Betonirakenteiden suunnitteluohje 2011. Suomen rakennusinsinöörien liitto RIL ry

Betonielementtien nostolenkit ja ankkurit 2010. Betoniteollisuus ry

Tikanoja T. Rakennusteollisuus RT. Puhelinkeskustelu 21.12.2011

HB-Betoniteollisuus Oy. [www.hb.fi](http://www.hb.fi), yritysinfo

Ramboll Finland Oy. [www.ramboll.fi](http://www.ramboll.fi), yritys

## LIITTEET

### Liite 1. Kuvia porrastyypeistä



HB-U Sivupalkkiporras



HB-UL Umpilaattaporras



HB-UL/T Tasollinen umpilaattaporras



HB-A Keskipalkkiporras



HB-A/T Keskipalkkiporras lepotasolla



HB-AK Keskipalkillinen avokierreporras





HB-SUKE Umpikierreporras pilarilla




HB-KP Kiertävä keskipilariporras


## Liite 2. Laskentatulokset umpilaattaportaan tietokone-laskennasta


		Rakennelaskelma	
		Tekijä:	Sivu: 1 (3)
Rakennuskohde:	Työ nro:	Päiväys:	Sijainti:
		9-nousuinen umpilaattaportas 2-luokan rakenne	
PORTAAN MITOITUS (Teräsbetonisen laatan mitoitus)			
PORTAAN MITTATIEDOT:			
NOUSUJEN LUKUMÄÄRÄ	9	kpl	
ETENEMÄ	270	mm	
NOUSU	167	mm	
LANKUN PAKSUUS	30	mm	
RINTALANKUN PAKSUUS	30	mm	
hl	100	mm	
PORTAAN LEVEYS	1200	mm	
JÄNNEVÄLI	2410	mm	
d	70	mm	
MATERIAALIOMINAISUUDET JA YMPÄRISTÖ:			
Rakenneluokka	2		
Betonin lujuus	C30/37		
Sementtilaji	R		
$f_{ck}$	30		
Rauditus (fyk)	A	500	HW
Rasitusluokka	XC1		
Suunnitteluvuosi	50		vuotta
Ympäristön suhteellinen kosteus	60		%
Betonin ikä tarkasteluajankohtana t	50000		vrk
Betonin ikä kuorman alkaessa t0	28		vrk
yhdistelykerroin $\psi_2$	1		
betonin $\gamma_c$	1,5		
teräksen $\gamma_s$	1,15		
$f_{cd}$	17,0		MN/m2
$f_{yd}$	435		MN/m2
$f_{cm}$	38		MN/m2
$f_{ctm}$	2,9		MN/m2
$f_{ctk}$	2,03		MN/m2
$f_{ctd}$	1,35		MN/m2
$E_{cm}$	32837		MPa
$E_s$	200000		MPa
$E_c$	34478		MPa
$E_{a2}$	3,5		%
$\phi(t,t_0)$ virumaluku	2,33		
Kiviaineen maksimi raekoko dg	16		
VALITUT TERÄKSET:			
Pohjateräs d	8	mm	
Jakoteräs d	6	mm	k/k 300 lkm 8,52
Leikkaisuus n	2		lkm (pyör.) 9


		Rakennelaskelma	
		Tekijä:	Sivu: 2 (3)
Rakennuskohde:	Työ nro:	Päiväys:	Sisältö:
			Sijainti:
<b>PORTAAN MITOITUS (Teräsbetonisen laatan mitoitus)</b>			
<b>BETONIPEITTEEN MÄÄRITYS:</b>			
Sallittu mittapoikkeama $\Delta c_{dev}$ =	5	mm	OK!
$c_{min,b}$ =	8	mm	
$c_{min,dur}$ =	5	mm	
$c_{min} = \max.(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10\text{mm})$	10	mm	
$c_{nom} = (c_{min} + \Delta c_{dev})$	15	mm	
$a_{vaad.}$	20	mm	
$a$	25	mm $> a_{vaad.}$	
$c_{nom}$	20	mm	
<b>KUORMITUKSET/RASITUKSET:</b>			
Betoni	25	kN/m <sup>3</sup>	
Hyötykuorma	3	kN/m <sup>2</sup>	
Gk	6,35	kN/m	
Qk1	3	kN/m	
$\psi_2 \cdot Qk1$	3	kN/m	
<b>KUORMITUSYHDISTELYT:</b>			
Pd (1.15*Gk+1.5*Qk)	11,8	kN/m	
Pd(1.35*Gk)	8,6	kN/m	
Pd (1.15*Gk+1.5*Qk)	11,8	kN/m	
Mgk	4,6	kNm	
Mqk	2,2	kNm	
Med	8,6	kNm	
Mk (ominaisyhdistelmä)	6,8	kNm	
Mk1(pitkäaikaisyhdistelmä)	6,8	kNm	
Ved	14,2	kN	
<b>TAIVUTUSKESTÄVYYS:</b>			
$\mu$	0,086		MIN.VAAT. TÄYTTYY!
z	66,9		
As	295	mm <sup>2</sup> /m	
$A_{smin}$	105	mm <sup>2</sup> /m	
pohjaterästen k/k	170,5		TANKOVÄLI ON OK!
Vaadittu pohjaterästen lkm	7,04		
Toteutuvat pohjateräkset T 8	8	kpl	
Toteutuva pohjaterästen k/k	150		
smax (2h<250mm, pääteräkset)	200		TANKOVÄLI ON OK!
smax (3h<400mm, jakoteräkset)	300		
Jakoterästen k/k	300		
Toteutuva raudoitus	402	mm <sup>2</sup>	
Jakoteräkset	71	mm <sup>2</sup> /m < Asw	JAKOTERÄSTYS OK!
Asw	188	mm <sup>2</sup> /m	





		<b>Rakennelaskelma</b>	
		Tekijä:	Sivu: 3 (3)
Päiväys:			
Rakennuskohde:	Työ nro:	Sisältö:	Sijainti:
<b>PORTAAN MITOITUS (Teräsbetonisen laatan mitoitus)</b>			
<b>LEIKKAUSKESTÄVYYDEN TARKISTUS:</b>			
$C_{Rd,c}$	0,12		
$k$	2,69		
$k$	2		
$\rho_l$	0,0048	<0.02	<b>EHTO TÄYTTYY!</b>
$k_1$	0,15		
$\delta_{cp}$	0,00		
$V_{Rd,c}$	49,0	kN > Ved	<b>EHTO TÄYTTYY!</b>
<b>TAIPUMA:</b>			
$E_{c,eff}$	9856	MN/m <sup>2</sup>	
$\alpha_e$	20,3		
$A_s$	402	mm <sup>2</sup>	
$x_u$	51,2	mm	
$I_u$	0,000103	m <sup>4</sup>	
$S_u$	0,00001	m <sup>3</sup>	
$x_c$	24,1	mm	
$I_c$	0,000101	m <sup>4</sup>	
$S_c$	0,00002	m <sup>3</sup>	
$M_{cr}$	5,79	kNm	
$\xi$	0,636		
$(1/r)_M$	0,006751	1/m	
$(1/r)_{cs}$	0,001875	1/m	
$1/r$	0,0086	1/m	
$w_{tot}$	5,22	mm	
taipumaraja L/250	9,6	mm	<b>OK!</b>
<b>KUTISTUMA:</b>			
Poikkileikkauksen nimellismitta, $h_0$	92,31	mm	
Nimellinen kuivumiskutistuma, $\epsilon_{cd,0}$	0,000598431		
Kuivumiskutistuman loppuarvo, $\epsilon_{cd}$	0,000598431		
Sisäisen kutistuman loppuarvo, $\epsilon_{ca}$	0,00005		
Kokonaiskutistuman loppuarvo, $\epsilon_{cs}$	0,000648431		
<b>HALKEAMALEVEYS:</b>			
$d$	8	mm	
$A_{c,eff}$	34006	mm <sup>2</sup>	
$\rho_{p,eff}$	1,18	%	
$M_{cr}$	5,79	kNm > $M_k$	<b>HALKEAA!</b>
$\sigma_{s,St}$	260	MPa	
$\sigma_{s,II}$	273	MPa	
$s_{r,max}$	69,15	mm	
$w_k$	0,092	mm	
$w_{max}$	0,4	mm	<b>OK!</b>

		Rakennelaskelma	
		Tekijä:	Sivu: 1 (3)
Rakennuskohde:	Työ nro:	Päiväys:	Sijainti:
		9-nousuinen umpilaattaporras 1-luokan rakenne	
PORTAAN MITOITUS (Teräsbetonisen laatan mitoitus)			
PORTAAN MITTATIEDOT:			
NOUSUJEN LUKUMÄÄRÄ	9	kpl	
ETENEMÄ	270	mm	
NOUSU	167	mm	
LANKUN PAKSUUS	30	mm	
RINTALANKUN PAKSUUS	30	mm	
hl	100	mm	
PORTAAN LEVEYS	1200	mm	
JÄNNEVÄLI	2410	mm	
d	70	mm	
MATERIAALIOMINAISUUDET JA YMPÄRISTÖ:			
Rakenneluokka	1		
Betonin lujuus	C30/37		
Sementtilaji	R		
$f_{ck}$	30		
Rauditus (fyk)	A	500	HW
Rasitusluokka	XC1		
Suunnitteluvuosi	50	vuotta	
Ympäristön suhteellinen kosteus	60	%	
Betonin ikä tarkasteluajankohtana t	50000	vrk	
Betonin ikä kuorman alkaessa t0	28	vrk	
yhdistelykerroin $\psi_2$	1		
betonin $\gamma_c$	1,35		
teräksen $\gamma_s$	1,1		
$f_{ctd}$	18,9	MN/m <sup>2</sup>	
$f_{yk}$	455	MN/m <sup>2</sup>	
$f_{cm}$	38	MN/m <sup>2</sup>	
$f_{ctm}$	2,9	MN/m <sup>2</sup>	
$f_{ctk}$	2,03	MN/m <sup>2</sup>	
$f_{ctd}$	1,50	MN/m <sup>2</sup>	
$E_{cm}$	32837	MPa	
$E_s$	200000	MPa	
$E_c$	34478	MPa	
$\epsilon_{cu2}$	3,5	%	
$\phi(t,t_0)$ virumaluku	2,33		
Kiviaineen maksimi rakekoko dg	16		
VALITUT TERÄKSET:			
Pohjateräs d	8	mm	
Jakoteräs d	6	mm	k/k 300 lkm 8,52
Leikkeisyys n	2		lkm (pyör.) 9


		Rakennelaskelma	
		Tekijä:	Sivu: 2 (3)
		Päiväys:	
Rakennuskohde:	Työ nro:	Sisältö:	Sijainti:
<b>PORTAAN MITOITUS (Teräsbetonisen laatan mitoitus)</b>			
<b>BETONIPEITTEEN MÄÄRITYS:</b>			
Sallittu mittapoikkeama $\Delta c_{dev}$ =	5	mm	OK!
$c_{min,b}$ =	8	mm	
$c_{min,dur}$ =	0	mm	
$c_{min} = \max(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10\text{mm})$	10	mm	
$c_{norm} = (c_{min} + \Delta c_{dev})$	15	mm	
$a_{vaad.}$	20	mm	
$a$	25	mm $> a_{vaad.}$	
$c_{norm}$	20	mm	
<b>KUORMITUKSET/RASITUKSET:</b>			
Betoni	25	kN/m <sup>3</sup>	
Hyötykuorma	3	kN/m <sup>2</sup>	
Gk	6,35	kN/m	
Qk1	3	kN/m	
$\psi_2 \cdot Qk1$	3	kN/m	
<b>KUORMITUSYHDISTELYT:</b>			
$P_d (1.15 \cdot G_k + 1.5 \cdot Q_k)$	11,8	kN/m	
$P_d (1.35 \cdot G_k)$	8,6	kN/m	
$P_d (1.15 \cdot G_k + 1.5 \cdot Q_k)$	11,8	kN/m	
$M_{gk}$	4,6	kNm	
$M_{qk}$	2,2	kNm	
$M_{ed}$	8,6	kNm	
$M_k$ (ominaisyhdistelmä)	6,8	kNm	
$M_{k1}$ (pitkäaikaisyhdistelmä)	6,8	kNm	
$V_{ed}$	14,2	kN	
<b>TAIVUTUSKESTÄVYYS:</b>			
$\mu$	0,077		MIN.VAAT. TÄYTTYY!
$z$	67,2		
$A_s$	281	mm <sup>2</sup> /m	
$A_{smin}$	105	mm <sup>2</sup> /m	
pohjaterästen k/k	179,2		TANKOVÄLI ON OK!
Vaadittu pohjaterästen lkm	6,70		
Toteutuvat pohjateräkset T 8	7	kpl	
Toteutuva pohjaterästen k/k	171		
$s_{max}$ (2h<250mm, pääteräkset)	200		TANKOVÄLI ON OK!
$s_{max}$ (3h<400mm, jakoteräkset)	300		
Jakoterästen k/k	300		
Toteutuva rauditus	352	mm <sup>2</sup>	
Jakoteräkset	67	mm <sup>2</sup> /m < $A_{sw}$	JAKOTERÄSTYS OK!
$A_{sw}$	188	mm <sup>2</sup> /m	


		<b>Rakennelaskelma</b>	
		Tekijä:	Sivu: 3 (3)
Päiväys:			
Rakennuskohde:	Työ nro:	Sisältö:	Sijainti:
<b>PORTAAN MITOITUS (Teräsbetonisen laatan mitoitus)</b>			
<b>LEIKKAUSKESTÄVYYDEN TARKISTUS:</b>			
$C_{Rd,c}$	0,13	<0,02	<b>EHTO TÄYTTYY!</b>
$k$	2,69		
$k$	2		
$\rho_l$	0,0042		
$k_1$	0,15		
$\delta_{cp}$	0,00		
$V_{Rd,c}$	52,1	kN > Ved	<b>EHTO TÄYTTYY!</b>
<b>TAIPUMA:</b>			
$E_{c,eff}$	9856	MN/m <sup>2</sup>	<b>OK!</b>
$\alpha_e$	20,3		
$A_s$	352	mm <sup>2</sup>	
$x_u$	51,1	mm	
$I_u$	0,000103	m <sup>4</sup>	
$S_u$	0,00001	m <sup>3</sup>	
$x_c$	22,9	mm	
$I_c$	0,000093	m <sup>4</sup>	
$S_c$	0,00002	m <sup>3</sup>	
$M_{cr}$	5,79	kNm	
$\xi$	0,636		
$(1/r)_M$	0,007155	1/m	
$(1/r)_{os}$	0,001802	1/m	
$1/r$	0,0090	1/m	
$w_{tot}$	5,42	mm	
taipumaraja L/250	9,6	mm	
<b>KUTISTUMA:</b>			
Poikkileikkauksen nimellismitta, h0	92,31	mm	
Nimellinen kuivumiskutistuma, $\epsilon_{cd,0}$	0,000598431		
Kuivumiskutistuman loppuarvo, $\epsilon_{cd}$	0,000598431		
Sisäisen kutistuman loppuarvo, $\epsilon_{ca}$	0,00005		
Kokonaiskutistuman loppuarvo, $\epsilon_{cs}$	0,000648431		
<b>HALKEAMALEVEYS:</b>			
$d$	8	mm	<b>HALKEAA!</b>
$A_{c,eff}$	34349	mm <sup>2</sup>	
$\rho_{p,eff}$	1,02	%	
$M_{cr}$	5,79	kNm > Mk	
$\sigma_{s,St}$	295	MPa	
$\sigma_{s,Lt}$	310	MPa	<b>OK!</b>
$s_{r,max}$	69,33	mm	
$w_k$	0,105	mm	
$w_{max}$	0,4	mm	

		<b>Rakennelaskelma</b>	
		Tekijä:	Sivu: 1 (3)
Päiväys:			
Rakennuskohde:	Työ nro:	Sisältö:	Sijainti:
		18-nousuinen umpilaattaporras 2-luokan rakenne	
<b>PORTAAN MITOITUS (Teräsbetonisen laatan mitoitus)</b>			
<b>PORTAAN MITTATIEDOT:</b>			
NOUSUJEN LUKUMÄÄRÄ	18	kpl	
ETENEMÄ	270	mm	
NOUSU	167	mm	
LANKUN PAKSUUS	30	mm	
RINTALANKUN PAKSUUS	30	mm	
hl	210	mm	
PORTAAN LEVEYS	1200	mm	
JÄNNEVÄLI	4840	mm	
d	179	mm	
<b>MATERIAALIOMINAISUUDET JA YMPÄRISTÖ:</b>			
Rakenneluokka	2		
Betonin lujuus	C30/37		
Sementtilaji	R		
$f_{ck}$	30		
Rauditus (fyk)	A 500	HW	
Rasitusluokka	XC1		
Suunnitteluikä	50	vuotta	
Ympäristön suhteellinen kosteus	60	%	
Betonin ikä tarkasteluajankohtana t	50000	vrk	
Betonin ikä kuorman alkaessa t0	28	vrk	
yhdistelykerroin $\psi_2$	1		
betonin $\gamma_c$	1,5		
teräksen $\gamma_s$	1,15		
$f_{cd}$	17,0	MN/m <sup>2</sup>	
$f_{yd}$	435	MN/m <sup>2</sup>	
$f_{cm}$	38	MN/m <sup>2</sup>	
$f_{ctm}$	2,9	MN/m <sup>2</sup>	
$f_{ctk}$	2,03	MN/m <sup>2</sup>	
$f_{ctd}$	1,35	MN/m <sup>2</sup>	
$E_{cm}$	32837	MPa	
$E_s$	200000	MPa	
$E_c$	34478	MPa	
$\epsilon_{sQ}$	3,5	‰	
$\varphi(t,t_0)$ virumaluku	2,12		
Kiviaineen maksimi rakekoko dg	16		
<b>VALITUT TERÄKSET:</b>			
Pohjateräs d	10	mm	
Jakoteräs d	6	mm	k/k 300 lkm 18,05
Leikkaisuus n	2		lkm (pyör.) 19


		Rakennelaskelma	
		Tekijä:	Sivu: 2 (3)
Rakennuskohde:	Työ nro:	Päiväys:	Sijainti:
PORTAAN MITOITUS (Teräsbetonisen laatan mitoitus)			
BETONIPEITTEEN MÄÄRITYS:			
Sallittu mittapoikkeama $\Delta c_{dev}$ =	5	mm	OK!
$c_{min,b}$ =	10	mm	
$c_{min,dur}$ =	5	mm	
$c_{min} = \max.(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10\text{mm})$	10	mm	
$c_{nsdev} = (c_{min} + \Delta c_{dev})$	15	mm	
$a_{vaad.}$	20	mm	
$a$	26	mm $> a_{vaad.}$	
$c_{nsen}$	20	mm	
KUORMITUKSET/RASITUKSET:			
Betoni	25	kN/m <sup>3</sup>	
Hyötykuorma	3	kN/m <sup>2</sup>	
Gk	9,57	kN/m	
Qk1	3	kN/m	
$\psi_2 \cdot Qk1$	3	kN/m	
KUORMITUSYHDISTELYT:			
$P_d (1.15 \cdot G_k + 1.5 \cdot Q_k)$	15,5	kN/m	
$P_d (1.35 \cdot G_k)$	12,9	kN/m	
$P_d (1.15 \cdot G_k + 1.5 \cdot Q_k)$	15,5	kN/m	
$M_{gk}$	28,0	kNm	
$M_{qk}$	8,8	kNm	
$M_{ed}$	45,4	kNm	
$M_k$ (ominaisyhdistelmä)	36,8	kNm	
$M_{k1}$ (pitkäaikaisyhdistelmä)	36,8	kNm	
$V_{ed}$	37,5	kN	
TAIVUTUSKESTÄVYYS:			
$\mu$	0,069		MIN.VAAT. TÄYTTYY!
$z$	172,6		
$A_s$	605	mm <sup>2</sup> /m	
$A_{smin}$	270	mm <sup>2</sup> /m	
pohjaterästen k/k	129,8		TANKOVÄLI ON OK!
Vaadittu pohjaterästen lkm	9,25		
Toteutuvat pohjateräkset	10	kpl	
Toteutuva pohjaterästen k/k	120		
$s_{max}$ (2h<250mm, pääteräkset)	250		TANKOVÄLI ON OK!
$s_{max}$ (3h<400mm, jakoteräkset)	400		
Jakoterästen k/k	300		
Toteutuva raudoitus	785	mm <sup>2</sup>	
Jakoteräkset	145	mm <sup>2</sup> /m < $A_{sw}$	JAKOTERÄSTYS OK!
$A_{sw}$	188	mm <sup>2</sup> /m	




		<b>Rakennelaskelma</b>	
		Tekijä:	Sivu: 3 (3)
Päiväys:			
Rakennuskohde:	Työ nro:	Sisältö:	Sijainti:
<b>PORTAAN MITOITUS (Teräsbetonisen laatan mitoitus)</b>			
<b>LEIKKAUSKESTÄVYYDEN TARKISTUS:</b>			
$C_{Rd,c}$	0,12		
$k$	2,06		
$k$	2		
$\rho_l$	0,0037	<0.02	<b>EHTO TÄYTTYY!</b>
$k_1$	0,15		
$\delta_{cp}$	0,00		
$V_{Rd,c}$	114,5	kN > Ved	<b>EHTO TÄYTTYY!</b>
<b>TAIPUMA:</b>			
$E_{c,eff}$	10524	MN/m2	
$a_e$	19,0		
$A_s$	785	mm2	
$x_u$	108,9	mm	
$I_u$	0,000999	m4	
$S_u$	0,00006	m3	
$x_c$	54,3	mm	
$I_c$	0,001444	m4	
$S_c$	0,00010	m3	
$M_{cr}$	25,55	kNm	
$\xi$	0,759		
$(1/r)_{Ml}$	0,002681	1/m	
$(1/r)_{cs}$	0,000711	1/m	
$1/r$	0,0034	1/m	
$w_{tot}$	8,28	mm	
taipumaraja L/250	19,4	mm	<b>OK!</b>
<b>KUTISTUMA:</b>			
Poikkileikkauksen nimellismitta, h0	178,72	mm	
Nimellinen kuivumiskutistuma, $\epsilon_{cd,0}$	0,000598431		
Kuivumiskutistuman loppuarvo, $\epsilon_{cd}$	0,000527765		
Sisäisen kutistuman loppuarvo, $\epsilon_{ca}$	0,00005		
Kokonaiskutistuman loppuarvo, $\epsilon_{cs}$	0,000577765		
<b>HALKEAMALEVEYS:</b>			
$d$	10	mm	
$A_{c,eff}$	70400	mm2	
$\rho_{p,eff}$	1,12	%	
$M_{cr}$	25,55	kNm > Mk	<b>HALKEAA!</b>
$\sigma_{s,st}$	279	MPa	
$\sigma_{s,lt}$	292	MPa	
$s_{r,max}$	69,52	mm	
$w_k$	0,099	mm	
$w_{max}$	0,4	mm	<b>OK!</b>

		<b>Rakennelaskelma</b>	
		Tekijä:	Sivu: 1 (3)
Päiväys:			
Rakennuskohde:	Työ nro:	Sisältö:	Sijainti:
		18-nousuinen umpilaattaporras 1-luokan rakenne	
<b>PORTAAN MITOITUS (Teräsbetonisen laatan mitoitus)</b>			
<b>PORTAAN MITTATIEDOT:</b>			
NOUSUJEN LUKUMÄÄRÄ	18	kpl	
ETENEMÄ	270	mm	
NOUSU	167	mm	
LANKUN PAKSUUS	30	mm	
RINTALANKUN PAKSUUS	30	mm	
hl	210	mm	
PORTAAN LEVEYS	1200	mm	
JÄNNEVÄLI	4840	mm	
d	179	mm	
<b>MATERIAALIOMINAISUUDET JA YMPÄRISTÖ:</b>			
Rakenneluokka	1		
Betonin lujuus	C30/37		
Sementtilaji	R		
$f_{ck}$	30		
Rauditus (fyk)	A 500	HW	
Rasitusluokka	XC1		
Suunnitteluikä	50	vuotta	
Ympäristön suhteellinen kosteus	60	%	
Betonin ikä tarkasteluajankohtana t	50000	vrk	
Betonin ikä kuorman alkaessa t0	28	vrk	
yhdistelykerroin $\psi_2$	1		
betonin $\gamma_c$	1,35		
teräksen $\gamma_s$	1,1		
$f_{cd}$	18,9	MN/m <sup>2</sup>	
$f_{yd}$	455	MN/m <sup>2</sup>	
$f_{cm}$	38	MN/m <sup>2</sup>	
$f_{ctm}$	2,9	MN/m <sup>2</sup>	
$f_{ctk}$	2,03	MN/m <sup>2</sup>	
$f_{ctd}$	1,50	MN/m <sup>2</sup>	
$E_{cm}$	32837	MPa	
$E_s$	200000	MPa	
$E_c$	34478	MPa	
$\epsilon_{sL2}$	3,5	‰	
$\phi(t,t_0)$ virumaluku	2,12		
Kiviaineen maksimi rakekoko dg	16		
<b>VALITUT TERÄKSET:</b>			
Pohjateräs d	10	mm	
Jakoteräs d	6	mm	k/k 300 lkm 18,05
Leikkaisuus n	2		lkm (pyör.) 19



		Rakennelaskelma	
		Tekijä:	Sivu: 2 (3)
		Päiväys:	
Rakennuskohde:	Työ nro:	Sisältö:	Sijainti:
<b>PORTAAN MITOITUS (Teräsbetonisen laatan mitoitus)</b>			
<b>BETONIEPITTEEN MÄÄRITYS:</b>			
Sallittu mittapoikkeama $\Delta c_{dev} =$	5	mm	OK!
$c_{min,b} =$	10	mm	
$c_{min,dur} =$	0	mm	
$c_{min} = \max.(c_{min,b}; c_{min,dur}; 10\text{mm})$	10	mm	
$c_{nom} = (c_{min} + \Delta c_{dev})$	15	mm	
$a_{vaad.}$	20	mm	
$a$	26	mm $> a_{vaad.}$	
$c_{nom}$	20	mm	
<b>KUORMITUKSET/RASITUKSET:</b>			
Betoni	25	kN/m <sup>3</sup>	
Hyötykuorma	3	kN/m <sup>2</sup>	
Gk	9,57	kN/m	
Qk1	3	kN/m	
$\psi_2 \cdot Qk1$	3	kN/m	
<b>KUORMITUSYHDISTELYT:</b>			
Pd (1.15*Gk+1.5*Qk)	15,5	kN/m	
Pd(1.35*Gk)	12,9	kN/m	
Pd (1.15*Gk+1.5*Qk)	15,5	kN/m	
Mgk	28,0	kNm	
Mqk	8,8	kNm	
Med	45,4	kNm	
Mk (ominaisyhdistelmä)	36,8	kNm	
Mk1(pitkäaikaisyhdistelmä)	36,8	kNm	
Ved	37,5	kN	
<b>TAIVUTUSKESTÄVYYS:</b>			
$\mu$	0,063		MIN.VAAT. TÄYTTYY!
z	173,2		
As	577	mm <sup>2</sup> /m	
$A_{smin}$	270	mm <sup>2</sup> /m	
pohjaterästen k/k	136,2		
Vaadittu pohjaterästen lkm	8,81		
Toteutuvat pohjateräkset	9	kpl	
Toteutuva pohjaterästen k/k	133		TANKOVÄLI ON OK!
$s_{max}$ (2h<250mm, pääteräkset)	250		
$s_{max}$ (3h<400mm, jakoteräkset)	400		
Jakoterästen k/k	300		TANKOVÄLI ON OK!
Toteutuva raudoitus	707	mm <sup>2</sup>	
Jakoteräkset	138	mm <sup>2</sup> /m<A <sub>sw</sub>	JAKOTERÄSTYS OK!
A <sub>sw</sub>	188	mm <sup>2</sup> /m	

		<b>Rakennelaskelma</b>	
		Tekijä:	Sivu: 3 (3)
Päiväys:			
Rakennuskohde:	Työ nro:	Sisältö:	Sijainti:
<b>PORTAAN MITOITUS (Teräsbetonisen laatan mitoitus)</b>			
<b>LEIKKAUSKESTÄVYYDEN TARKISTUS:</b>			
$C_{Rd,c}$	0,13	<0,02	<b>EHTO TÄYTTYY!</b>
$k$	2,06		
$k$	2		
$\rho_l$	0,0033		
$k_1$	0,15		
$\delta_{cp}$	0,00		
$V_{Rd,c}$	122,9	kN > Ved	<b>EHTO TÄYTTYY!</b>
<b>TAIPUMA:</b>			
$E_{c,eff}$	10524	MN/m <sup>2</sup>	<b>OK!</b>
$\alpha_e$	19,0		
$A_s$	707	mm <sup>2</sup>	
$x_u$	108,6	mm	
$l_u$	0,000992	m <sup>4</sup>	
$S_u$	0,00005	m <sup>3</sup>	
$x_c$	52,1	mm	
$l_c$	0,001343	m <sup>4</sup>	
$S_c$	0,00009	m <sup>3</sup>	
$M_{cr}$	25,55	kNm	
$\xi$	0,759		
$(1/r)_{Mk}$	0,002826	1/m	
$(1/r)_{cs}$	0,000690	1/m	
$1/r$	0,0035	1/m	
$w_{tot}$	8,58	mm	
taipumaraja L/250	19,4	mm	
<b>KUTISTUMA:</b>			
Poikkileikkauksen nimellismitta, $h_0$	178,72	mm	
Nimellinen kuivumiskutistuma, $\epsilon_{cd,0}$	0,000598431		
Kuivumiskutistuman loppuarvo, $\epsilon_{cd}$	0,000527765		
Sisäisen kutistuman loppuarvo, $\epsilon_{ca}$	0,00005		
Kokonaiskutistuman loppuarvo, $\epsilon_{cs}$	0,000577765		
<b>HALKEAMALEVEYS:</b>			
$d$	10	mm	<b>HALKEAA!</b>
$A_{c,eff}$	71028	mm <sup>2</sup>	
$\rho_{p,eff}$	1,00	%	
$M_{cr}$	25,55	kNm > Mk	
$\sigma_{s,st}$	310	MPa	
$\sigma_{s,lt}$	323	MPa	
$s_{r,max}$	69,71	mm	
$w_k$	0,110	mm	<b>OK!</b>
$w_{max}$	0,4	mm	

### Liite 3. EC2 vaatimukset betonirakenteille, laattarakenteet

Suunnittelija <b>RAMBOLL</b>	Työn nro J06935-02	
	Päiväys 04.05.2012	Suunn. TEPPO
Rakennuskohde HB-Betoniteollisuus Oy Laastitie 1, Jyväskylä		Sisältö EC2 VAATIMUKSET BETONIRAKENTEILLE LAATTARAKENTEET

TYYPPIPORTAIDEN SUUNNITTELUKÄYTTÖIKÄ ON 50 VUOTTA. JOS SUUNNITTELU-  
KÄYTTÖIKÄVAATIMUS ON TÄTÄ SUUREMPI, VAADITAAN ERIKOISSUUNNITELMA.

	RASITUSLUOKKA	BETONIPETTEEN NIMELLISARVO	SALLITTU MITTA- POIKKEAMA	SUURIN v/s-SUHDE	VÄHIMMÄIS- LUJUUUSLUOKKA	VÄHIMMÄISSEMENT- TIMÄÄRÄ [kg/m <sup>3</sup> ]
HUONEISTON SISÄINEN PORRAS -kuiva sisätila -ei palonkestovaatimusta	X0	15 mm	5 mm	-	(C30/37)	-
PORRASKÄYTÄVÄ -kuiva sisätila -paloluokka R60	XC1	15 mm	5 mm	0,65	(C30/37)	(260) #)
PORRASKÄYTÄVÄ *) -kuiva sisätila -paloluokka R120	XC1	35 mm	5 mm	0,65	(C30/37)	(260) #)
AUTOHALLI *) -lämmittämätön rakenne -ei jäänsulatusaineita -paloluokka R120	XC4 XD3 XF3	45 mm	5 mm	0,45	C35/45	320
AUTOHALLI *) -lämmittämätön rakenne -jäänsulatusaineet -paloluokka R120	XC4 XD3 XF4	45 mm	5 mm	0,45	C35/45	340
ULKOPORRAS, LUHTIKÄYTÄVÄ *) -jäänsulatusaineet -paloluokka R60	XC3 XF4	25 mm	5 mm	0,45	(C30/37)	(340) #)
ULKOPORRAS, KATTAMATON *) -jäänsulatusaineet -paloluokka R60	XC4 XF4	30 mm	5 mm	0,45	(C30/37)	(340) #)

\*) Porras vaatii erikoissuunnitelman

#) Vähimmäissementtimäärä betonin lujuusluokan vaatimuksen mukaan